

وزارة التعليم و البحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE - CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

CONTRIBUTION A LA DETERMINATION  
DES PROPRIETES PHYSIQUES DES CORPS  
PURS ET DES FRACTIONS PETROLIERES  
PAR DES METHODES NUMERIQUES

Proposé par : P. S.E. CHITOUR Etudié par : O. DERMOUNE Dirigé par : P. S.E. CHITOUR

PROMOTION : JANVIER 85



—o—  E D I C A C E S —o—

\*  MON PERE & A MA MERE.

\*  MES FRERES & SOEURS.

\*  TOUS CEUX QUI ME SONT CHERS.

— JE DEDIE CE MODESTE OUVRAGE —



-o-  E M E R C I E M E N T -o-

J'adresse mes sincère remerciements au professeur S.E. CHITOUR qui a proposé et suivi de près ce travail.

J'adresse également mes remerciements les plus vifs à Monsieur BELABBES, pour l'amabilité avec laquelle il a bien voulu assurer la présidence du Jury, ainsi que Melle ABSI et Messieurs BENNIKOUS, MOUSSAOUI et LHAFERSSISSAS d'avoir accepté de juger ce travail.

Que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation, trouvent dans ce modeste travail l'expression de ma profonde gratitude.



Nom : D E R H O U M E

Prénom : O u i z a

Département : Génie Chimique

Promoteur : S.E. C H I T O U R

السنون : اسهام في تحديد الخواص الفيزيائية للاجسام النقية والاجزاء البترولية بواسطة طرق الاعداد

الموضوع : الجزء البترولي هو خليق لتعدد من المحروقات ، يساهم في القيمة الفيزيائية الكلية بالاضافة الى طبيعة وتركيزه ان حاولنا في هذه الدراسة الوصول الى الخواص الفيزيائية والكيميائية للاجسام النقية والاجزاء البترولية ، حيث اقترحنا معادلات عشرية وتربيعية تركز على اثار المساهمة هذه المعادلات العددية تسمح لنا بتعيين مختلف الخواص الفيزيائية والكيميائية عند معرفة واحدة منها التي يصعب الحصول عليها بالارق التجريبية ،

Title : Contribution to the determination of the physical properties of pure bodies and the petroleum fraction by numerical methods.

Summary :

Object : The petroleum fraction is a complex mixture of hydrocarbon, contributing each, partly from its nature and concentration to the global physical grandeur.

We have tried approaching the proprieties physical and chimical of pure bodies and of petroleum fraction proposing imperical equations based on contribution methodes those equations and carelations allow, from the knowledge of one of the grandeur to determine the other different properties experimently accessiblos.

Titre : Contribution à la détermination des propriétés physiques des corps purs et des fractions pétrolières par des méthodes numériques.

Résumé :

Objet : La fraction pétrolière est un mélange complexe d'hydrocarbures contribuant chacun de par sa nature et sa concentration à la grandeur physique globale.

Nous avons tenté d'approcher les propriétés physico-chimiques de corps purs et de fraction pétrolières en proposant des équations et des corrélations empiriques basées sur des méthodes de contributions. Ces équations et corrélations permettent à partir de la connaissance de l'une des grandeurs de déterminer les autres propriétés difficilement accessibles expérimentalement.





-o-     / \     O M M A I R E     -o-  
-o-o-o-o-o-o-o-o-o-

INTRODUCTION GENERALE

PARTIE THEORIQUE :

I - Analyse du pétrole brut. .... 1

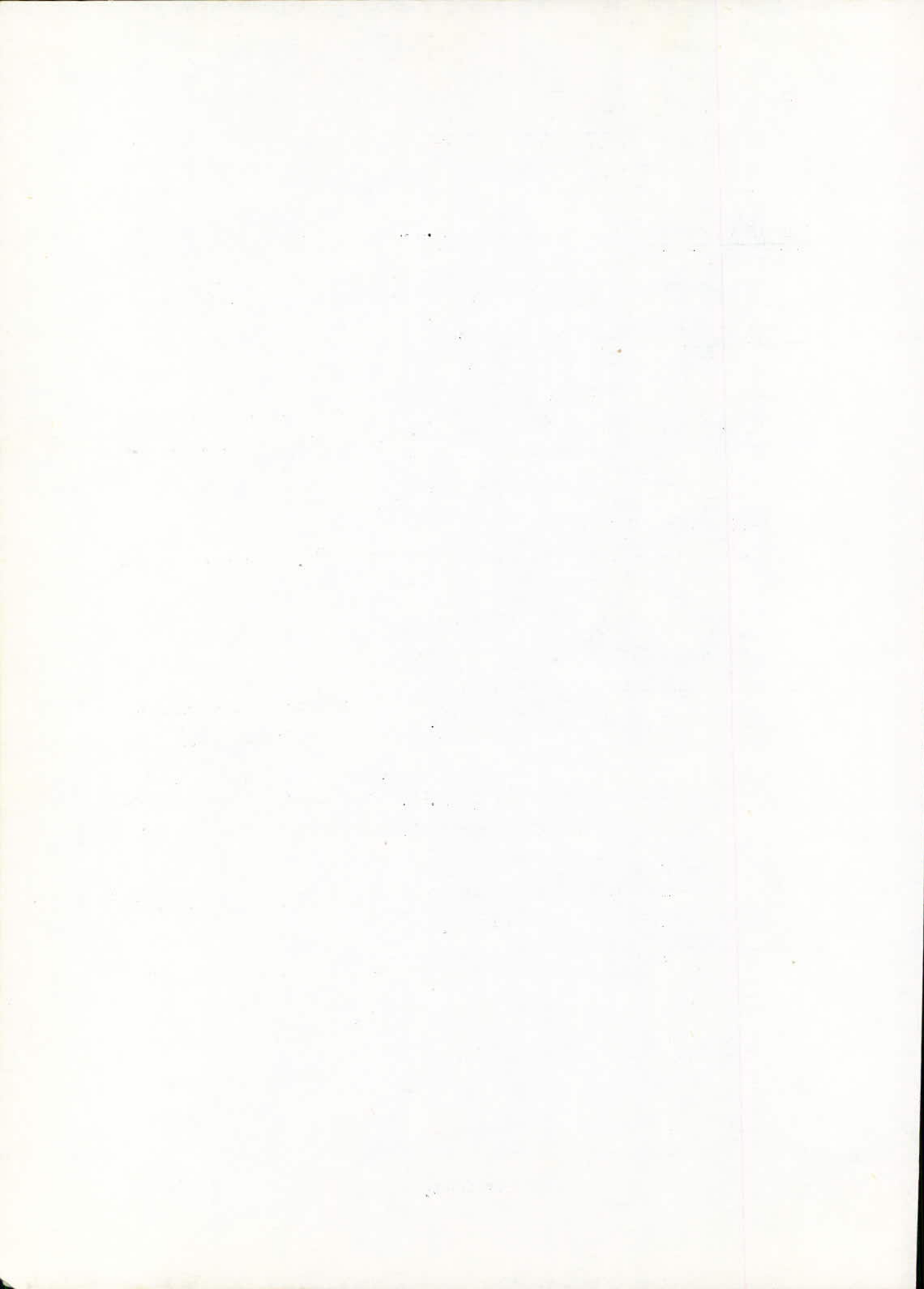
- 1. Distillation T.B.P.
- 2. Distillation ASTM.
- 3. Conclusion.

II- Complexité de la connaissance des propriétés physique du pétrole brut ou des fractions pétrolières. .... 4

- II.1 - Introduction.
- II.2 - Grandeurs accessibles expérimentalement.
  - a - Densité des mélanges et des F.P.
  - b - Température d'ébullition.
  - c - Viscosité.
  - d - Point d'Aniline.
  - e - Tension Superficielle.
- II.3 - Grandeurs mesurables par calcul. .... 7
  - a - Masse moléculaire.
  - b - Le facteur de caractérisation : KUOP.
  - c - Indice de corrections : cI.
  - d - Réfractivité intercept Ri et l'indice de corrélation I
  - e - Propriétés critiques.
  - f - Propriétés Thermiques.

III- Analyse des différents constituants des F.P .....18

- 1 - Analyse par chromatographie.
- 2 - Chromatographie en phase gazeuse.
  - a - Séparation.
  - b - Méthode d'identification.
  - c - Mesure des proportions.



- 3 - Les avantages de la C.P.G.
- 4 - Autres Techniques d'Analyse
- 5 - Conclusion.

IV -Détermination des compositions des fractions légères du ..... 22  
pétrole à partir de corrélations connues.

PARTIE EXPERIMENTALE :

- Détermination des propriétés accessibles..... 24
- Analyse par infra-rouge des fraction pétrolières. .... 26

PARTIE CALCUL :

- 1 - Propriétés physiques avec leur application pour : ..... 28
  - Les Corps purs.
  - Les fractions pétrolières.
  - Construction de nomogramme.
- 2 - Détermination d'équations représentant la variation de l'enthalpie  
standart de vaporisation valable pour toute température..... 80
- 3 - Contribution à l'approche de la connaissance de la répartition des  
familles d'hydrocarbures dans les fractions pétrolières..... 89
- Conclusion Générale. ....102
- Annexe. ....103
- Bibliographie.



-o- II INTRODUCTION GENERALE -o-  
-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-

Ce travail fait suite à de précédentes études concernant l'analyse de fractions pétrolières, après une présentation théorique de la composition de fractions pétrolières et des méthodes d'analyses utilisées pour connaître certaines propriétés.

L'accent est mis sur une approche des propriétés expérimentales à partir de la détermination de la variation des grandeurs physiques en fonction de la nature chimique des substances étudiées. Nous déterminons à l'aide d'un ordinateur les différentes équations pour les 9 propriétés choisies, pour 5 hydrocarbures purs de chaque famille. Nous avons ensuite à vérifier les corrélations pour des corps purs, des mélanges de corps purs et enfin des fractions pétrolières.

Plusieurs corrélations empiriques permettent de définir le pourcentage de chaque famille d'hydrocarbures, nous tenterons à notre tour de présenter des corrélations en expliquant les écarts importants trouvés certaines fois.

Dans toute cette étude, nous utiliserons des données chromatographiques décrites dans des travaux précédents.



**PARTIE**

**THEORIQUE**





## I - ANALYSE DU PETROLE BRUT :

On procède à une série d'analyses du pétrole brut, qui ont pour but d'évaluer la composition du produit.

Le laboratoire procède tout d'abord aux essais classiques de mesure de la densité, de la viscosité à diverses températures du point de congélation et des teneurs en eau, soufre et sédiments. Ensuite par distillation fractionnée, on sépare les divers hydrocarbures constituant le pétrole brut en fonction de leur température d'ébullition.

C'est dans des cas particuliers que les coupes fournies par la distillation fractionnée se réduisent à un hydrocarbure, et c'est ce qui se passe notamment pour les premiers éléments des séries éthyléniques et paraffiniques qu'il faut souvent séparer pour des synthèses pétrochimiques (éthylène, propylène, propane, butane.....).

### 1- La distillation parfaite : courbe T.B.P. :

La T.B.P (True boiling point) est un procédé de séparation d'un pétrole brut ou d'une coupe pétrolière en fractions composées d'hydrocarbures ayant des propriétés suffisamment voisines pour leur donner la même utilisation, c'est une opération fondamentale dans l'industrie du raffinage. Et pour séparer, ce type de distillation utilise la différence des points d'ébullition entre des produits qui se trouvent mélangés et même dissous les uns dans les autres dans la matière première.

Si la distillation est parfaite dans un appareillage représentant un nombre important d'étage, c'est à dire un appareillage à très bonne sélectivité, équivalente à une succession d'un très grand nombre de distillation simple élémentaire, on obtient en notant la température de la vapeur en fonction du pourcentage distillé une courbe dite "True boiling point" ou courbe des points d'ébullition vrais.

Cela signifie que les corps purs passent successivement en phase vapeur en tête de la colonne à distiller, à leur température d'ébullition, à la pression de marche de la colonne.

Pour un mélange constitué d'un nombre limité de constituant, la courbe est formée d'une succession de paliers horizontaux, la longueur de chaque palier étant proportionnelle à la concentration du corps pur bouillant à cette température dans le mélange.

Si le mélange est très complexe (cas du pétrole brut, coupe pétrolière) la succession de paliers n'est plus visible car les composants sont très nombreux, avec des points d'ébullition voisins, et la courbe est en fait une courbe continue. On constate toute fois au début de la courbe quelques paliers correspondant aux hydrocarbures légers (propane, butane).

Le point initial de la courbe T.B.P. correspond à la température d'ébullition du constituant le plus volatil et le point final à la température d'ébullition du constituant le moins volatil.

-- Les courbes de distillation T.B.P. d'un pétrole brut ou d'une coupe pétrolière obtenues réellement sont légèrement différentes des courbes théoriques pour les raisons suivantes :

- L'appareillage n'a pas un nombre de plateaux infini, ni un taux de reflux infini.
- Les hydrocarbures d'un pétrole brut ou d'une coupe pétrolière ont des natures chimiques différentes provoquant la formation d'azéotropes.

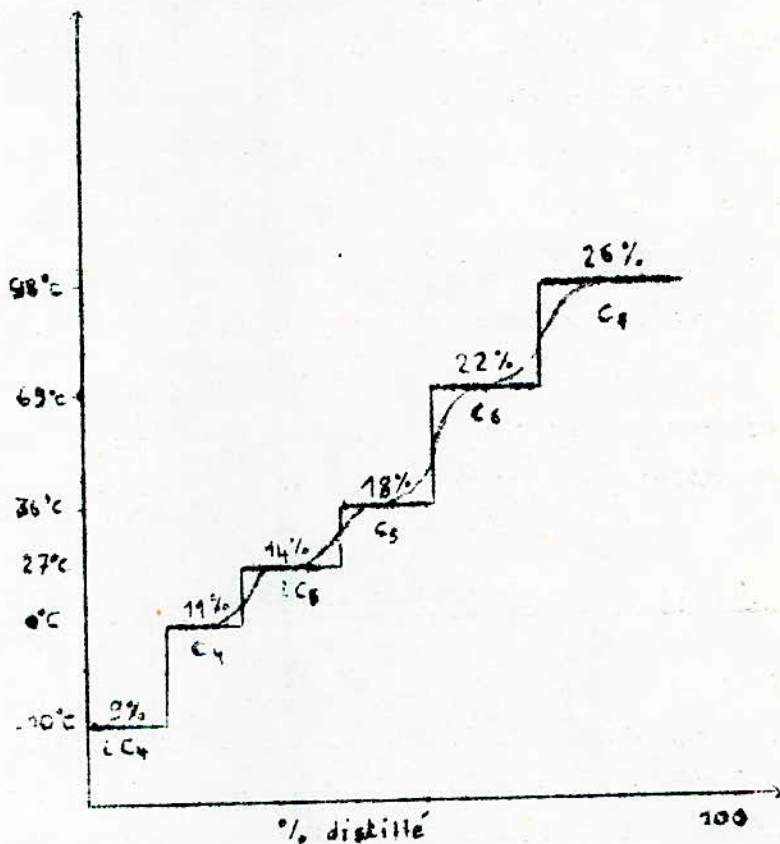
## 2. Distillation ASTM (American society for testing materials) :

Elle nous permet de prévoir le comportement de notre pétrole ou de notre coupe durant la T.B.P. son mode d'utilisation est simple. La distillation ASTM est beaucoup moins sélective que la distillation T.B.P. qui est quasi parfaite. Les distillations ASTM sont utilisées pour fournir les spécifications distillatoires des produits pétroliers. De plus leur principale avantage est le temps court qu'elle nécessite. Alors que la distillation T.B.P. (plus précise et plus représentative de la composition des produits) est relativement longues.

## 3. Conclusion :

La distillation T.B.P. est une méthode d'analyse préliminaire au laboratoire, qui permet d'avoir des fractions pétrolières dont nous pouvons mesurer leurs propriétés physiques.

Et d'autre part la T. BF. nous permet de connaître ou du moins d'approcher la nature et la répartition des hydrocarbures d'une fraction d'une manière aussi complète que possible.



... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..

... ..

... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..

... ..

## II - COMPLEXITE DE LA CONNAISSANCE DES PROPRIETES PHYSIQUE DU PETROLE BRUT OU D'UNE FRACTION PETROLIERE :

### 1. Introduction :

L'étude d'un pétrole brut ou d'une fraction pétrolière diffère assez de l'étude d'un corps pur ou d'un mélange d'H.C de composition qualitative et quantitative connue.

La fraction pétrolière est un mélange complexe d'H.C. contribuant chacun de par sa nature et sa concentration à sa grandeur physique globale.

Nous avons donc tenté d'approcher les propriétés physico-chimiques d'une fraction pétrolière en ayant recours à des corrélations.

La matière première se présente sous trois formes :

- Hydrocarbures purs : Les principales propriétés physico-chimiques sont connues.
- Mélanges d'Hydrocarbures purs : pour ces hydrocarbures, il n'y a pas non plus de problèmes. Il suffit de connaître les lois d'additivité des divers propriétés en mélange car la composition est connue quantitativement et qualitativement.
- Fractions pétrolières : La complexité de leur composition n'en permet pas l'analyse. On ne connaît ni la nature des hydrocarbures, ni la composition, ni le nombre d'H.C. de ces fractions. Seules certaines grandeurs accessibles telles que densité, indice de refraction, viscosité, point d'aniline ... est, seront connues et que en faisant appel à des corrélations, nous permettent d'avoir une idée de la structure moléculaire moyenne.  
Les fractions pétrolières sont des mélanges complexes d'H.C. purs. Ces mélanges possèdent eux même des propriétés physico-chimique que l'on peut définir comme étant une moyenne pondérée des propriétés physico-chimiques de chaque constituant pur.  
Autant la détermination de ces propriétés ne présente pas trop de problèmes pour un corps pur ou un mélange de corps purs, autant pour une fraction pétrolière nous avons recours à des relations empirique et des abaque.

Ces relations empiriques sont souvent discutables mais nous permettent de nous faire une idée sur le comportement de la fraction pétrolière. De plus en plus, des travaux essaient de proposer des relations plus fiables et servant beaucoup mieux le comportement des fractions pétrolières. Des techniques d'analyses de plus en plus perfectionnées, sont mise à la disposition de la pétro-chimie permettant de réduire la part d'incertitude planant sur les valeurs trouvées des propriétés.

2- Grandeurs accessible expérimentalement :

a - Densité des mélanges et des F.P.

En ce qui concerne un corps pur, ou un mélange de corps pur ou une fraction pétrolière, le problème de détermination de la densité ne se pose pas. C'est l'une des grandeurs les plus facilement accessible au laboratoire.

Le rapport du poids d'un certain volume d'échantillon à une température  $t$  au poids du même volume d'eau à une température standard.

$$d_{4}^{20} = \frac{\text{Poids d'un volume de produit à } 20^{\circ} \text{ C}}{\text{Poids du même volume d'eau à } 4^{\circ} \text{ C}}$$

D'autre part, la densité est une grandeur additive, il est donc possible d'avoir sa valeur pour n'importe quelle fraction pétrolière ou mélange en sommant la densité de chaque petite fraction.

$$d = \frac{\sum x_i d_i}{\sum x_i}$$

$x_i$  : fraction molaire  
 $d_i$  : Densité de la fraction

De plus dans les pays anglo-saxons, on parle plutôt, de "spécific gravity" qui est définie par deux températures standards identiques :  $60^{\circ} \text{ F}$ . Et pour mesurer la densité, les Américains, utilisent le degré API qui est une fonction hyperboliques de sp gr.

$$^{\circ} \text{ API} = \frac{141,5}{\text{sp gr } 60^{\circ} \text{ F} / 60^{\circ} \text{ F}} - 131,5$$

b- Température d'ébullition :

Dans le cas d'un corps pur, la détermination de la température d'ébullition à la pression atmosphérique (température d'ébullition normale) est facile à atteindre. Par contre le problème se complique quand il s'agit d'un mélange de plusieurs constituants.

Dans ce cas, la température d'ébullition n'a pas de sens puisque le mélange distillé dans un intervalle assez large de température.

La distillation T.B.P. ou ASTM donnent généralement la température d'ébullition instantanée en fonction du pourcentage en volume distillé.

En prenant la température du point 50% de distillation en comptant les pourcentages distillés en volume (tv), en poids (tp) en mole (tm) nous avons donc 3 indications pour la température "moyenne" d'ébullition de ces mélanges complexes. On convient alors de définir la température moyenne pondérée ou température mean - average (tmav) qui correspond à la moyenne des 3 valeurs moyennes précédemment définies.

Seulement, pour une fraction étroite, les 3 températures moyennes sont pratiquement identiques. Par conséquent, la tmav peut s'identifier à la température moyenne volumétrique.

c- Détermination de la Viscosité :

La viscosité est la résistance interne qui s'oppose à l'écoulement d'un fluide et qui est provoquée par le frottement des molécules les unes contre les autres.

Comme pour les hydrocarbures purs et les mélanges, il est possible d'atteindre expérimentalement la viscosité des fractions pétrolières.

d- Point d'Aniline :

C'est la température la plus basse à laquelle des volumes égaux d'aniline et de produit à examiner sont complètement miscibles, la rupture de miscibilité se manifestant par l'apparition d'un trouble net.

Le point d'aniline est en relation avec l'aromaticité du produit et entre dans les formules de caractérisation des différentes propriétés.

Le point d'aniline élevé dénote d'une tendance paraffinique (75 - 80°C), le point d'aniline bas dénote au contraire d'une nature aromatique, intermédiairement on classe les naphthéniques.

e- Travail superficiale :

Pour augmenter la surface d'un liquide d'une quantité S, il est nécessaire pour vaincre les forces de cohésions entre molécules de fournir une énergie  $\Delta GS$ .

La grandeur qui caractérise une surface sera le travail à fournir pour augmenter sa surface libre d'une aire unité.

Cette grandeur est appelée tension superficielle. On la désigne par  $\sigma$  et elle s'exprime en dyn/cm.

$$\sigma = \left( \frac{\Delta G}{\Delta S} \right) T P \dots$$

3- Grandeurs mesurables par calcul :

a- Masse Moléculaire

La détermination de la masse moléculaire ne pose pas de problème pour un corps pur ou pour un mélange de corps purs. Il est en effet possible d'écrire.

$$M = \frac{\sum M_i x_i}{\sum x_i} \text{ avec } x_i : \text{fraction molaire}$$

Pour une fraction pétrolière, nous avons recours à des corrélations faisant intervenir des grandeurs physiques différentes.

\* A partir du diagramme KUOP

Connaissant la densité et la température mean average, il est possible de la déterminer.

$$M = f(d, t_{nav})$$

\* A partir de la formule de M. ROBERT

C'est une relation linéaire entre l'indice de réfraction, la densité et le point d'aniline.

$$M = 1,70545 M_d^{20} + 792,93 d \frac{20}{4} + 4,553 P_A - 3287$$

\* A partir de fraction et le point moyen d'ébullition

$$\log_{10} M = 0,001978 P_{eb} (^\circ C) + 1,9994 + \log_{10} (2,15 - N_d^{20})$$

\* A partir d'une relation entre l'indice de caractérisation (I) et le point d'ébullition et la densité.

En effet, en 1977, HUANG a trouvé la relation suivante :

$$M = 7,7776 \times 10^{-6} \times T_b^{2,1197} \times I^{-2,089} \times d$$



avec : M : Poids moléculaire  
Tb : Température d'ébullition en degré Roukine  
d : Densité à 20° C et 1 atmu (g.cm<sup>3</sup>)  
Z : Facteur de caractérisation

\* A partir de la chromatographie liquide d'exclusion

En effet, la détermination des masses moléculaires se faisant, après distillation efficace sous pression atmosphérique puis sous vide, par topométrie et cryométrie. Ce mode de détermination nécessite un grand volume (1 litre) et prend beaucoup de temps (1 mois environ). Pour lever cet obstacle, Monsieur PETROFF a proposé une technique plus rapide et moins coûteuse : La chromatographie liquide d'exclusion ainsi que la **E.P.G.**

b -Le facteur de caractérisation : KVOP

En partant des considérations physiques, on remarque que les familles d'hydrocarbures se distribuent selon des courbes (densité en fonction de la température d'ébullition) régulières assez caractéristiques ; le passage d'une courbe à une autre étant assuré par les hydrocarbure substitués.

WATSON et NELSON ont introduit le facteur de caractérisation KVOP, définie de la façon suivante :

$$KVOP = \frac{\sqrt[3]{t_{eb} (^{\circ}R)}}{Sp \text{ Gr } \frac{60}{60}}$$

c- Indice de corrélation C.I. :

C'est une relation densité, température qui donne des courbes se superposant plus rigoureusement à celles des familles d'hydrocarbures et permet d'établir une échelle conventionnelle plus large : 0 - 100

$$C.I. = \frac{48640}{T (^{\circ}K)} + 473,7 \text{ Sp gr } \frac{60^{\circ} F}{60^{\circ} F} - 456,8$$

L'indice de corrélation 0 correspond exactement aux hydrocarbures paraffiniques alors que les aromatiques lui donnent la valeur 100. La complexité de la relation, ainsi que le fait qu'elle n'apporte rien de plus que le KVOP, font que l'on continue à utiliser le facteur de caractérisation qui avait vu le jour quelques années plus tôt.

d- Refractivity intercept Ri et l'indice de corrélation I :

- On définit Ri par :

$$Ri = n - \frac{d}{2}$$

où n - indice de réfraction

d - Densité

- De même on définit I par :

$$I = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}$$

où n = étant l'indice de réfraction

L'avantage de ces deux relations est qu'elles ne font intervenir que des propriétés facilement accessibles expérimentalement. D'autre part, Ri sépare bien les paraffines, les naphthènes et aromatiques. Et, en combinaison avec d'autres relations, il nous permet d'avoir les compositions de nos fractions pétrolières.

o- Propriétés critiques :

- Hydrocarbure pur

La température et la pression étant des caractéristiques physiques des hydrocarbures définissent le point limité supérieur de la courbe de tension de vapeur, au delà du quel le changement de phase n'est plus observé. Ce point critique correspond à l'identité parfaite des propriétés du liquide et de la vapeur : densité ; indice de réfraction....

En particulier en ce point la chaleur de vaporisation devient nulle. Pour chaque famille d'hydrocarbure, les points critiques sont régulièrement distribués sur les courbes dans le diagramme tension de vapeur température.

Pour l'estimation de ces propriétés critiques, plusieurs relations ont été proposées, entre autres :

la méthode de LYDERSEN :

$$T_c = T_b ( 0,567 + \sum \Delta T - ( \sum \Delta T )^2 - 1 ( ^\circ K )$$

$$P_c ( atm ) = M ( 0,34 + \Delta P ) - 2$$

$$V_o = 40 + \sum \Delta V$$

- Fractions pétrolières

Pour une fraction, la courbe de tension de vapeur se décompose en deux courbes (bulle et rosée) définissant ainsi un nombre domaine d'existence liquide + vapeur.

La courbe de bulle et la courbe de rosée se rejoignent en un point "C" qui définit les coordonnées critiques du mélange (TC et PC).

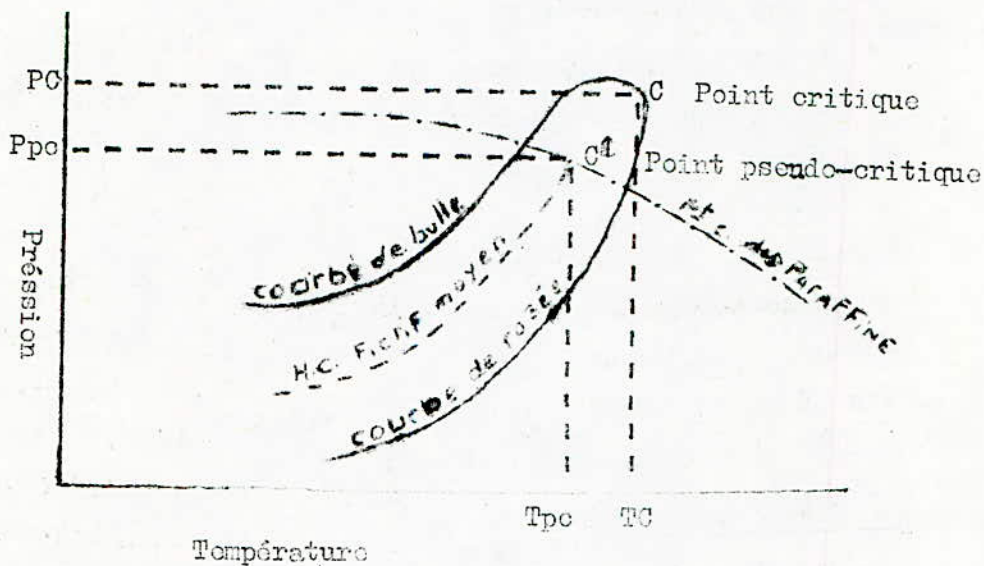
Puisque nous avons cherché à représenter une fraction pétrolière par un hydrocarbure pur ayant des propriétés moyennes de cette fraction, on définit des coordonnées critiques fictives.

- Température pseudo-critique  $T_{pc}$

- Pression pseudo-critique  $P_{pc}$

Correspondant au point critique "C" d'un hydrocarbure moyen représentatif de la fraction pétrolière dans le diagramme de COX.

Ces coordonnées pseudo-critiques seront utilisées dans les calculs de la même manière que les coordonnées critiques et en particulier définiront pour la fraction ses coordonnées réduites  $tr$  et  $Pr$ .



Points critiques et pseudo-critique d'un mélange

La détermination de ces coordonnées pseudo-critiques s'opère de la manière suivante :

- Pour un mélange à nombre fini de constituants, en pondérant moléculairement les températures et pressions critiques des hydrocarbures purs composant le mélange (selon la méthode W.R. Kay).
- Pour une fraction complexe, en utilisant des corrélations empiriques faisant intervenir la température d'ébullition moyenne, la densité et le facteur de caractérisation (K<sub>1</sub>) de la fraction.

f- Propriétés thermiques :

S'il est relativement facile d'atteindre les propriétés thermiques telles que l'enthalpie, la chaleur spécifique et l'enthalpie libre pour un corps pur, il est par contre difficile d'avoir ces valeurs d'une façon directe pour une fraction pétrolière.

C'est pour cette raison que nous avons le plus souvent recours à des correlations empiriques qui nous permettent d'estimer la valeur réelle d'une propriété thermique donnée.

- Chaleur latente de vaporisation

Elle est définie comme étant la quantité de chaleur qu'il faut fournir à l'unité de poids ou à une molécule liquide pour les vaporiser à température constante.

Elle s'exprime en cal/g.

- Règle de Maxwell

La chaleur latente de vaporisation est calculée en utilisant la proportionnalité entre les chaleurs latentes de vaporisation de deux hydrocarbures quelconques à la même pression réduite.

Donc la méthode de Maxwell consiste à prendre la paraffine normale ayant la même température d'ébullition que le composé inconnu, relever son poids moléculaire et sa pression critique, puis calculer sa tension de vapeur à la température considérée en multipliant la pression réduite de la paraffine.

- Hydrocarbures purs :

Pour les hydrocarbures purs, il est possible d'estimer la chaleur de vaporisation en faisant appel à :

- La loi des états correspondants :

$$\frac{d (\ln P_{vpr})}{d \left( \frac{1}{T_r} \right)} = - \frac{\Delta H_v}{RT_c} \times \frac{1}{\Delta Z_v}$$

- L'enthalpie réduite de vaporisation  $\left( - \frac{\Delta H_v}{RT_c} \right)$  est dans ce cas fonction de deux paramètres qui sont :

$$Z_v \text{ et } \frac{d (\ln P_v Pr)}{d \left( \frac{1}{T_r} \right)}$$

- La corrélation de PITZER :

Cette corrélation fait intervenir le facteur acentrique CO (dont la courbe est donnée dans la littérature) et la température réduite Tr.

$$\frac{\Delta H_v}{RT_c} = 7,08 (1 - Tr)^{0,354} + 10,95 W (1 - Tr)^{0,456}$$

- La corrélation de RIDEL : Pour  $H_v$  à la température normale l'ébullition.

$$\Delta H_{vb} = 1,093 R T_c \cdot \left[ T_{br} \frac{(L_n P_c - 1)}{0,930 - T_{br}} \right]$$

L'erreur varie de 1 à 4 % selon la famille d'hydrocarbure considérée

Relation de WATSON - THEISSEN

Elle décrit la variation de  $H_v$  avec la température. La chaleur latente de vaporisation décroît avec la température et s'annule au point critique.

$$\Delta H_{V_2} = \Delta H_{V_1} \frac{1 - Tr_2^n}{1 - Tr_1^n}$$

En générale, on prend  $n = 0,38$

Certains auteurs font varier  $n$  en fonction de la température sous la forme d'un polynôme :

$$n = A + B Tr + C Tr^2$$

- La corrélation de CHEN :

$$\Delta H_{rb} = \frac{R \cdot T_{br} (3,978 - 3,938 - 1,555 \ln T_{br})}{1,07 - T_{br}}$$

Dans les 2 relations on a :

$T_c$  = Température critique

R = Constante des gaz parfaits

$P_c$  = Pression critique

$T_{br}$  = Température réduite rapportée à la température d'ébullition normale.

- Mélange d'hydrocarbures purs :

En ce qui concerne les mélange de compositions connus, il est possible de connaître la chaleur de vaporisation du mélange, connaissant la chaleur de vaporisation des constituants.

- Fractions pétrolières :

Pour les fractions pétrolières, mélange de nombreux constituants inconnus, il est impossible d'avoir des valeurs réelles par les méthodes qu'on utilise pour les corps purs, on a alors recours à des tables construites à partir de corrélations basées sur la loi des états correspondants.

Tension de vapeur :

- D'un hydrocarbure pur

La tension de vapeur mesure la tendance des molécules à s'échapper d'une phase liquide pour engendrer une phase vapeur en équilibre thermodynamique. C'est une fonction croissante de la température.

La relation thermodynamique entre la tension de vapeur et la température est donné à partir de l'équation de clapeyron appliquée à un gaz parfait

$$d (\ln P) = - \frac{r}{R} d \left( \frac{1}{T} \right)$$

Où P : Tension de vapeur du liquide ou pression du gaz saturé.

r : La chaleur de vaporisation moléculaire.

R : Constante des gaz parfaits.

T : La température en °K.

L'intégrale de cette équation différentielle conduit à :

$$\ln P = \left( \frac{-r}{R} \right) \frac{1}{T} + C \frac{A}{T} + B$$

- D'un mélange de corps purs :

La tension de vapeur est une propriété additive. Cette additivité de tensions de vapeur vraie met en cause des molécules, par conséquent, il faut pondérer cette propriété, en fonction de % moléculaires de chaque constituant comme le prévoit la loi de RAULT pour les solutions idéales :

$$(T_{vv})_m = \sum (T_{vv})_i x_i$$

(T<sub>vv</sub>)<sub>m</sub> : Tension de vapeur vraie du mélange à T °

(T<sub>vv</sub>)<sub>i</sub> : Tension de vapeur vraie du constituant i à T °

X<sub>i</sub> : Fraction molaire de i dans le mélange.

- D'une fraction pétrolière :

La tension de vapeur d'une fraction pétrolière peut se mesurer comme celle d'un corps pur.



L'étude des équilibres liquide vapeur définit la tension de vapeur d'un mélange complexe comme étant la pression de bulles de ce mélange à une température donnée.

- Importance de la loi des états correspondants :

Les propriétés des gaz parfaits sont établies en supposant que l'énergie des molécules est d'origine cinétique.

Mais des forces de cohésion sont mises en évidence.

A distance intermoléculaire infinie, la cohésion est nulle et de gaz à un comportement parfait.

L'équilibre liquide vapeur résulte de l'autogénéralisme entre les forces de cohésion et l'énergie cinétique.

La loi des états correspondants repose sur les hypothèses suivantes :

- Les potentiels liés aux degrés de liberté interne (vibration, rotation) et externe (cohésion) peuvent être exprimés indépendamment.
- L'énergie cohésive d'un système est la somme des énergies linéaires entre les autres centres d'attraction.
- Ces interactions se réduisent aux forces de dispersion et peuvent être calculées au moyen d'une expression.

$$\epsilon = \epsilon_0 F \frac{r}{r_0}$$

F : Constante universelle.

$\epsilon_0, r_0$  : Fonction de la nature de la substance.

La loi des états correspondants stipule que :

- Les écarts aux lois des gaz parfaits ne dépendent que des coordonnées réduites.

Cette loi a été proposée par Vander Waals :

$$\left( P + \frac{a}{v^2} \right) (V - b) = RT.$$

Tenant compte du fait que l'isotherme présente au point critique un point d'inflexion à saugente horizontale, on peut donner à cette équation une forme généralisée :

$$\left(Pr + \frac{3}{Vr^2}\right) (3 Vr - 1) = 3 Tr$$

- Chaleur spécifique : Cp

C'est la quantité de chaleur qu'il faut fournir à l'unité de poids pour augmenter sa température d'un degré. Elle est exprimée en cal/g/°C ou en B t u/ lb/°F.

La chaleur spécifique à l'état liquide est fonction de la température et de la nature de la fraction caractérisée par sa "spécific- gravity" et son facteur de caractérisation (KUOP).

La chaleur spécifique à l'état liquide dépend en outre de la pression.

$$C_p = \left( \frac{\partial Q}{\partial T} \right)_P = \left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_P + P \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = \left( \frac{\partial H}{\partial T} \right)_P$$

H désignant l'enthalpie du système.

U désignant l'énergie interne.

V désignant le volume.

### III - ANALYSE PAR CHROMATOGRAPHIE :

Les méthodes chromatographiques sont actuellement les plus importantes parmi celles de l'analyse immédiate. Elles ont pour but de séparer les constituants d'un mélange plus ou moins complexe, mais on peut également leur demander d'identifier chaque constituant, ou du moins d'aider à son identification, et enfin nous permettent dans certaines conditions, d'approcher à la composition d'une fraction pétrolière. Pour cela nous sommes amenés à faire appel à des techniques d'analyse les plus récentes et donnant des résultats assez bons : la chromatographie en phase gazeuse.

#### 1-Chromatographie en phase gazeuse :

La chromatographie en phase gazeuse est caractérisée par le fait que la phase stationnaire est contenue dans une colonne et, après introduction du mélange à analyser, on pratique une élution. Un détecteur analyse en continu la phase mobile à la sortie de la colonne et y révèle la présence de substances différentes du gaz vecteur. De plus il est relié à un enregistreur qui traduit sans la forme de chromatogramme les informations reçues du détecteur.

Pour chaque fraction à analyser, mise en contact avec les 2 phases, s'équilibre entre celles-ci un grand nombre de fois successif et se voit finalement entraînée par la phase mobile à parcourir la phase fixe à une vitesse qui dépend des caractéristiques de l'équilibre.

En règle générale l'analyse chimique d'un mélange comporte les opérations suivantes :

##### - Séparation

La séparation se réalise au niveau de la colonne, et la présence des différentes substances du gaz vecteur sont mises en évidence par le détecteur analysant en continu la phase gazeuse ou mobile à la sortie de la colonne.

##### - Méthodes d'Identification

L'identification est obtenue en utilisant :

- L'indices de KOVATS
- L'étalon interne
- Le graphe :  $\log Tr$  - nombre d'atomes C.

- Mesures des Proportions

L'analyse quantitative est obtenue en utilisant un intégrateur électronique pour les mesures des surfaces car l'air obtenue est proportionnelle à la quantité.

- Les avantages de la C P G sont multiples

- Les méthodes permettant de déciler les substances dès leur sortie de la colonne sont relativement nombreuses et adaptables à une analyse continue évitant un fractionnement de la phase mobile.
- Il s'agit d'une méthode rapide, et présentant une grande souplesse, car on peut faire varier de nombreux facteurs pour améliorer la séparation.
- Aussi, elle s'applique à presque toutes les substances gazeuses, liquides ou solides à la température ambiante.
- Enfin c'est une méthode qualitative et quantitative

2- Autres technique d'analyse :

Il existent diverses techniques permettant d'analyser des melanges complexes.

- Analyse par spectrométrie de masse (S.M.).

Pour les fractions de point d'ébullition inférieur à 150°C, l'étalonnage joue un rôle très important, il sera préférable d'utiliser la C.P.G. Au delà de 150° C, sauf pour les aromatiques, le nombre d'isomères devient trop important pour que le problème soit résolu par C.P.G.

L'analyse par S.M est basée sur la mesure des hauteurs de pics fragments, caractéristiques de chacune des familles d'hydrocarbures.

De plus au delà de 150° C (ou 200°C) la complication devient trop grande et on doit se résigner à obtenir les résultats par famille et par nombre d'atomes de carbones, ce qui est parfois suffisant. Les fractions ayant 50° C Teb 200° C sont analysées en utilisant les pics fragments caractéristiques. L'application directe de ces méthodes, à des échantillons moyens de composition chimique connue, donne des écarts systématiques et montre qu'un étalonnage de l'appareil est nécessaire. Les pics fragments sont toujours les mêmes et sont donnés dans la littérature.

#### - Spéctrométrie Infra-rouge (I.R.)

Pour avoir des renseignements sur un produit donné, on emploie souvent la spéctrométrie infra-rouge (I.R.). La plupart des composés organiques possèdent une adsorption dans l'infra-rouge. L'interprétation infra-rouge est d'une grande aide pour la détermination d'un corps. Elle nous permet de :

- Déterminer les groupements fonctionnels.
- Déceler un composé aromatique.
- Donner des informations qui sont susceptibles d'identifier le composé.

#### - La résonance magnétique nucléaire (R.M.N)

La résonance magnétique nucléaire est un moyen d'information sur la nature d'un corps liée aux propriétés du noyau. La technique consiste à mettre en résonance un noyau atomique dans un champ magnétique et une vibration électromagnétique de fréquence bien déterminée. De plus la spectroscopie du  $^{13}\text{C}$  permet une analyse tout aussi rapide de tous les produits d'une chaîne de raffinage, des fractions lourdes ou fractions légères.

### 3. Conclusion :

La C.P.G. est la technique chromatographique la plus utilisée. Bien que plus longue, elle est préférable, plus juste et donne plus de renseignements.

La C.P.G. réunit le maximum d'avantages.

- Manipulation aisée
- Elle présente une bonne efficacité
- Son champ d'application est assez vaste
- Bon pouvoir de résolution.

L'augmentation sans cesse - croissante du nombre de phases stationnaires disponibles, l'amélioration technique des appareils, la possibilité de leur jumelage avec diverses techniques physiques d'analyses fonctionnelles (S.M, IR, S de flamme, dans le visible et dans l'U.V.) permettent de dire que la C.P.G. doit rester long temps l'une des méthodes fondamentales en analyse organique.

II) DETERMINATION DES COMPOSITIONS DES  
FRACTIONS LEGERES DU PETROLE

A PARTIR DE CORRELATIONS CONNUES :

Comme il n'est pas possible de connaître individuellement les constituants d'une fraction pétrolière, on se contente de connaître la composition globale ou chacune des familles d'hydrocarbures. Dans le but de répondre à ce besoin, plusieurs méthodes ont été développées, nous citons :

a - Méthode N.D.M.

C'est une méthode classique qui nécessite la connaissance de trois constantes :

- Indice de réfraction  $n$ .
- Densité  $d$ .
- Poids moléculaire  $M$ .

Elle donne une précision de l'ordre de  $\pm 1,5 \%$  pour le pourcentage en carbone à condition que le poids moléculaire soit supérieur à 200 g, que le pourcentage d'aromatique soit inférieur à 1,5 fois le pourcentage de Naphtènes et que le pourcentage de paraffines soit supérieur à 25 %.

b - Méthode N.D.P.A.

La connaissance de trois paramètres : densité, indice refraction et le point d'aniline suffisent pour pouvoir déterminer les compositions.

$$X_A = 1039,4 n - 470,4 d - 0,315 P A - 1094,3$$

$$X_N = -1573,3 n + 840,15 d - 0,4619 PA + 1662,2$$

$$X_P = 100 - (X_A + X_N)$$

c - Méthode Riazi - Daubert

Deux paramètres ont été choisis, RI et V.G.F, pour les corrélations proposées pour les fractions légères. Une étude a montré qu'il existe une relation linéaire entre la spécifique gravity et la viscosité.

$$V.G.F. = - 1,816 + 3,484 Sp gr - 0,1156 \ln \downarrow$$

Nous obtenons des valeurs moyennes de 1,046, 1,04 et 1,066 pour les Ri paraffiniques ; naphteniques et aromatiques et des valeurs de 0,74, 0,92 et 1,12 pour les V.G.F. paraffiniques, naphtenique et aromatique.

Ainsi pour une fraction pétrolière Ri et V.G.F peuvent être estimés par les équations.

$$R_i = 1,046 X_p + 1,04 X_n + 1,066 X_a \quad (1)$$

$$V G F = 0,74 X_p + 0,92 X_n + 1,12 X_a \quad (2)$$

Après régression des équations (1) et (2) avec les compositions de 45 mélanges d'hydrocarbures et après résolution du système on a :

$$X_p = - 23,94 + 24,21 R_i - 1,092 V.G.F.$$

$$X_n = 41,14 - 39,43 R_i + 0,627 V.G.F.$$

$$X_a = - 16,20 + 15,22 R_i + 0,465 V.G.F.$$



**PARTIE**

**EXPERIMENTALE**



ARTIE XPÉRIMENTALE

I - CARACTERISATION DES F.P. :

Les 2 fractions pétrolières utilisées sont recueillies par distillation T.B.P., à partir d'une essence légère fournie par la raffinerie d'Alger.

1-Détermination des propriétés physiques réalisable expérimentalement :

Pour chacune des fractions pétrolières nous avons mesuré les propriétés physiques suivantes :

- a - L'indice de réfraction avec un réfractomètre à 20° C.
- b - La densité à 20° C à l'aide d'un picnomètre.
- c - Le pt d'aniline à l'aide d'un appareil normalisé.
- d - La tension superficielle à l'aide d'un tensiomètre déigital à 20° C.
- e - La viscosité à l'aide d'un viscosimètre.

Le tableau 1 nous regroupe tout les résultats obtenus.

Tableau : 1

N° DE LA FRACTION	Teb (°C)	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	P. A(°C)	n <sub>d</sub> <sup>20</sup>	γ <sub>100°P</sub> (cst)	T.S. (dyn/cm)
1	75	0,6880	64,5	1,3881	0,451	17,1
2	115	0,7301	63,0	1,4089	0,625	19,0

Tableau : 2

N° DE LA FRACTION	M log	M kuop	M (g)	KUOP	C I	I
1	92	93	87	12,47	8,0	0,2350
2	109	112	110	12,14	14,4	0,2471

Tableau : 3

N° DE LA FRACTION	R <sub>i</sub>	V.G.F.	P <sub>pc</sub> (atm)	T <sub>pc</sub> (°C)	HV (kcal/kg)	HV(abaque) kcal/kg
1	1,0441	0,665	30	235	74,6	63
2	1,0438	0,781	28	290	73,3	72

Nous savons qu'il existe une relation qui, à partir de la densité à 20°C nous permet d'aboutir à la spécifique gravity (spgr).

$$d_{4}^{20} = d_{4}^{t} + K (t - 20) \quad \text{avec } t = 15^{\circ}\text{C}$$

K varie en fonction de l'intervalle des valeurs de d.

d	0,60-0,70	0,70-0,76	0,76-0,80	0,80-0,85	0,85-0,88	0,88-0,90
k	0,00090	0,00085	0,00080	0,00075	0,00065	0,00062

Et comme les indices de réfractions ont été mesurés à

t = 18,6° C, nous avons été obligé de faire la correction par la formule suivante :

$$n^{20} = n^t + \frac{\Delta T \times 4}{10^4} + qd \quad \Delta T > 0 \quad T > 20^{\circ}\text{C}$$

$$- qd \quad \Delta T < 0 \quad T < 20^{\circ}\text{C}$$

## 2-Détermination des autres propriétés physiques

### par calcul :

En utilisant les formules et les méthodes de calculs déjà citées dans la partie théorique, nous avons calculé, les propriétés suivantes :

- Masse moléculaire.
- Facteur de caractérisation KUOP.
- Réfractivity intercept : Ri.
- Facteur de caractérisation : I.
- Correlation Index : C I.
- Viscosity gravity fonction : VGF à 100° F.
- Propriétés critiques.
- Température d'ébullition : Teb.
- Chaleur de vaporisation :  $\Delta H_v$

## II Analyse par Infra-rouge :

Cette méthode Infra-rouge n'est pas vigoureusement applicable. Néanmoins, pour avoir une idée de la répartition des familles d'hydrocarbures et du comportement global d'une fraction pétrolière, il est légitime d'admettre que nous avons deux grandes familles en Infra-rouge : Les Paraffines et Les Aromatiques.

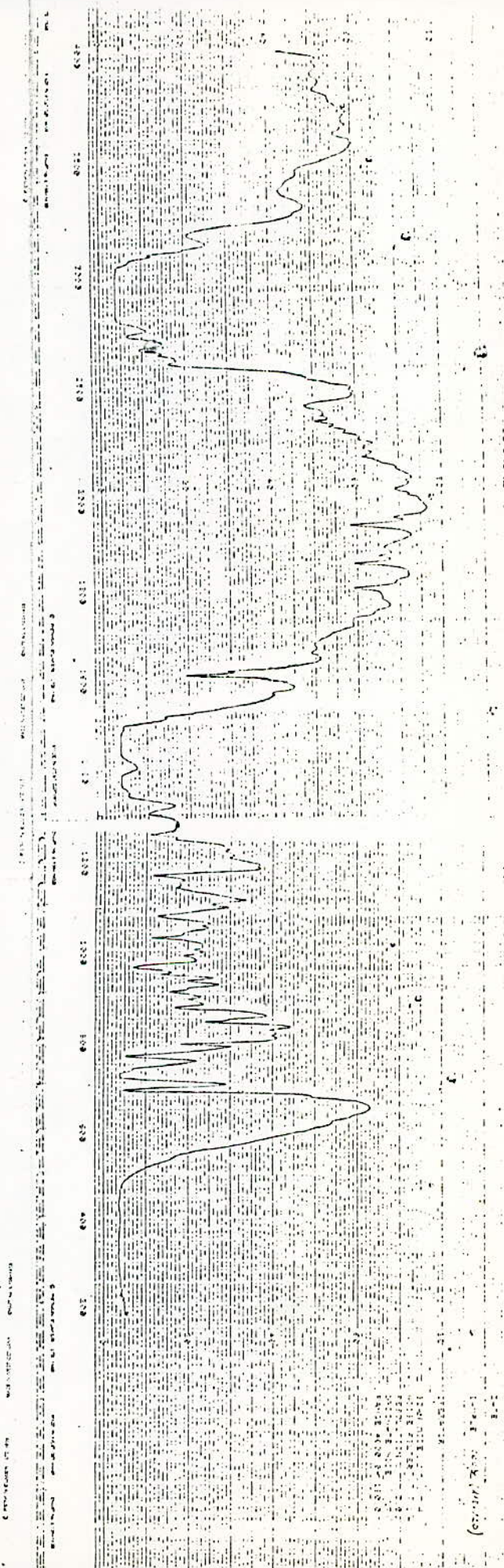
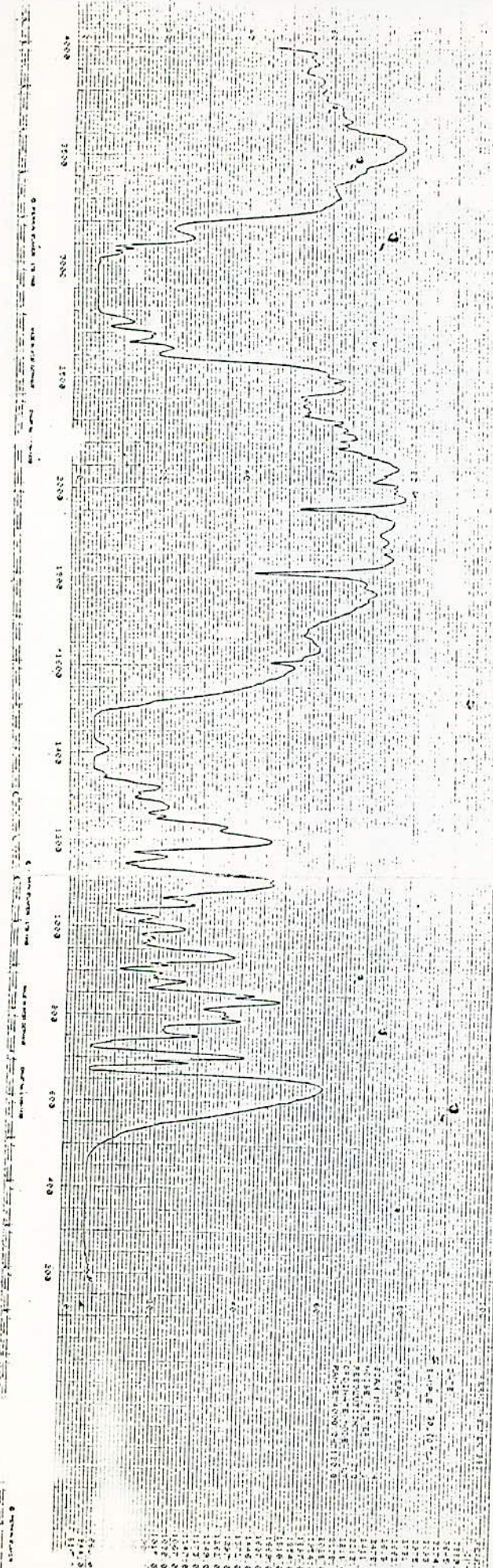
- Le spectrophotomètre dont nous disposons est un appareil PERKIN-ELMER. La cellule utilisée est en chlorure de Sodium et a une épaisseur de 0,48 mm.

### Interprétation des Spéctres :

Les Spéctres des deux fractions présentent à peu-près la même allure, des pics avant  $3000 \text{ Cm}^{-1}$  et entre  $1400$  et  $600 \text{ Cm}^{-1}$ . Les premiers pics correspondent aux vibrations des Hydrocarbures Aromatiques et les derniers correspondent aux vibrations des hydrocarbures Paraffiniques et Naphteniques.

En comparant du point de vue de la hauteur des pics, la variation à  $1600 \text{ cm}^{-1}$  (caractéristique) des  $\text{CH}_2$  Aromatiques nous pouvons suggérer que la fraction (70 - 80°C) contient moins d'Aromatique que la fraction (110 - 120°C).

En tout cas une analyse fine de ces deux fractions par infra-rouge permet d'identifier les pics imputables aux aromatiques ( $\text{CH}_2$  - cycl Aromatique), aux Naphthènes ( $\text{CH}_2$  - Cyclique) et au Paraffines ( $\text{CH}_2$  - chaîne). Le but de cette manipulation étant simplement de montrer la complexité des fractions pétrolières de par leur composition.







**1<sup>re</sup> PARTIE**

**CALCUL**



1 - DETERMINATION DES PROPRIETES PHYSIQUES DES CORPS PURS ET DES FRACTIONS PETROLIERES :

Méthode de calcul

Nous avons utilisé le programme ci-joint pour la détermination des équations des différentes propriétés par la méthode du Polynôme de NEWTON et ceci pour une série d'hydrocarbures de chaque famille :

- Pour les Paraffines normale de  $C_5$  à  $C_{10}$ .
- Pour les Naphtènes de  $C_5$  à  $C_{10}$ .
- Pour les Aromatiques de  $C_6$  à  $C_{10}$ .

Globalment les propriétés seraient valables dans un domaine allant de  $40^{\circ}C$  à  $200^{\circ}C$ .

Nous avons calculé pour les grandeurs suivantes :  $d$ ,  $t_{eb}$ , tension de vapeur, chaleur de vaporisation, indice de réfraction et les propriétés critiques ( $P_c$ ,  $T_c$  et  $V_c$ ).

Pour chacune des propriétés nous avons établi les différentes équation avec les courbes  $y$  afférant ( $P, N, A$ ).

Puis pour tester la validité de ces courbes nous avons pris des exemples de corps purs et des fractions pétrolières.



$$Pc = -7.07302179007E-10 * Tc^5 + 9.67947061407E-7 * Tc^4 - 0.0009022030055 * Tc^3 + .141264115741 * Tc^2 - 10.9170596765 * Tc + 1045.05325093$$

$$Pc = -1.27335949991E-11 * Vc^5 + 2.90500707733E-8 * Vc^4 - 2.62414005076E-5 * Vc^3 + .0117566532493 * Vc^2 - 2.66232568051 * Vc + 278.210762140$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Pc = -5.49925147937E+6 * d^5 + 1.86657900459E+7 * d^4 - 2.53249305006E+7 * d^3 + 1.71675652114E+7 * d^2 - 5.01460234202E+6 * d + 787249.199846$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Pc = -2.30139665917E-8 * MM^5 + 1.23589649789E-5 * MM^4 - .00262030811222 * MM^3 + .277630230033 * MM^2 - 14.790693971 * MM + 352.420726092$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Pc = -0.51602632364E-10 * Teb^5 + 4.56052295126E-7 * Teb^4 - 9.31116030231E-5 * Teb^3 + .00910207401496 * Teb^2 - .519098753102 * Teb + 43.7709604116$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Pc = -1.30024177654E+8 * n^5 + 9.55653293755E+8 * n^4 - 2.64650290058E+9 * n^3 + 3.6645402331E+9 * n^2 - 2.53690993691E+9 * n + 7.02472359255E+8$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Pc = 7.47713765723E-9 * TV^5 - 5.54254100364E-6 * TV^4 + .000975002301901 * TV^3 - .052111611691 * TV^2 + .909346753199 * TV + 19.9572404036$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Pc = 2.36081482253E-5 * Hv^5 - .00085247543298 * Hv^4 + 1.32501330956 * Hv^3 - 98.9566322591 * Hv^2 + 3608.26055356 * Hv - 54077.2046969$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Tc = .00226445413759 * Pc^5 - .004023184527 * Pc^4 + 15.9425077569 * Pc^3 - 418.716476924 * Pc^2 + 5447.73350466 * Pc - 27677.5779642$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Tc = -7.47059984849E-11 * Vc^5 + 1.6917403044E-7 * Vc^4 - .000150060055392 * Vc^3 + .0658532326857 * Vc^2 - 13.4862363875 * Vc + 1197.84655518$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Tc = -1.60401791305E+6 * d^5 + 5.51606251762E+6 * d^4 - 7.56670098006E+6 * d^3 + 5.18002563824E+6 * d^2 - 1.76978404193E+6 * d + 241493.524913$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Tc = -3.30375809867E-8 * MM^5 + 1.72760345839E-5 * MM^4 - .00358703442030 * MM^3 + .33518051314 * MM^2 - 12.2171730571 * MM + 247.013813577$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Tc = -9.8412925061E-10 * Teb^5 + 5.17222722764E-7 * Teb^4 - .000101706600325 * Teb^3 + .00045700816607 * Teb^2 + .051317384124 * Teb + 150.820205705$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Tc = -4.79531308933E+7 * Teb^5 + 3.35496425647E+8 * Teb^4 - 9.27593482053E+8 * Teb^3 + 1.209028974436E+9 * Teb^2 - 8.96640934017E+8 * Teb + 2.49293191795E+8$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Tc = -0.39041191800E-8 * TV^5 + 6.23506827277E-5 * TV^4 - .0118276459459 * TV^3 + .59023461788 * TV^2 - 10.8455243054 * TV + 358.170945033$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Tc = -3.83033401026E-5 * Hv^5 + .014261794782 * Hv^4 - 2.11307657063 * Hv^3 +$$

PC

PARAFFINES

Tc



COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Vc = .00324760560440 * Pc^5 + -.432034901716 * Pc^4 + 22.9150075264 * Pc^3 +$$

$$-601.877150332 * Pc^2 + 7010.02030106 * Pc + -39296.854991$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Vc = 6.09551663045E-9 * Tc^5 + -8.32007599403E-6 * Tc^4 + .00450270549397 * Tc^3 +$$

$$-1.20470290675 * Tc^2 + 160.91654529 * Tc + -8345.13866450$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Vc = 4.72002067675E+7 * d^5 + -1.60126917702E+8 * d^4 + 2.16029341471E+8 * d^3 +$$

$$-1.46725045632E+8 * d^2 + 4.9614642013E+7 * d + -6.70647735348E+6$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Vc = 1.30035690132E-7 * MM^5 + -7.34590114904E-5 * MM^4 + .0154476602614 * MM^3 +$$

$$-1.61127060384 * MM^2 + 88.0141552179 * MM + -1739.7295571$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Vc = 5.8215716851E-9 * Teb^5 + -3.09781650772E-6 * Teb^4 + .000624998750416 * Teb^3 +$$

$$-.0576544941666 * Teb^2 + 4.43685672334 * Teb + 194.684574455$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Vc = 1.18233405555E+9 * n^5 + -8.18122760430E+9 * n^4 + 2.26435007340E+10 * n^3 +$$

$$-3.13346423387E+10 * n^2 + 2.16001037896E+10 * n + -5.99980385109E+9$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Vc = -2.1482032241E-7 * TV^5 + .000159326831306 * TV^4 + -.0280755466966 * TV^3 +$$

$$1.50719073102 * TV^2 + -26.3195764717 * TV + 636.077002767$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Vc = -.000252360603069 * Hv^5 + .0945014565813 * Hv^4 + -14.1256723116 * Hv^3 +$$

$$1053.77791794 * Hv^2 + -39250.8089481 * Hv + 585406.692499$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Teb = .00198506400884 * Pc^5 + -.264340963722 * Pc^4 + 13.9868746872 * Pc^3 +$$

$$-367.374444138 * Pc^2 + 4776.46470426 * Pc + -24351.3540778$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Teb = 7.30294860992E-10 * Tc^5 + -1.00527557004E-6 * Tc^4 + .000542400100499 * Tc^3 +$$

$$+.144297428691 * Tc^2 + 19.7638700109 * Tc + -1108.89076049$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Teb = -5.29396000380E-11 * Vc^5 + 1.20155605077E-7 * Vc^4 + -.000107531335020 * Vc^3 +$$

$$+.0472547716159 * Vc^2 + -9.69155958146 * Vc + 747.408770062$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Teb = 4.78900565266E+6 * d^5 + -1.61454586992E+7 * d^4 + 2.17723266514E+7 * d^3 +$$

$$-1.46773357126E+7 * d^2 + 4.94581879028E+6 * d + -666470.100067$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Teb = -8.20144741067E-9 * MM^5 + 4.32405762361E-6 * MM^4 + -.000873963404543 * MM^3 +$$

$$.0780530842596 * MM^2 + -.564626853861 * MM + -102.490968798$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Teb = 1.15001315947E+8 * n^5 + -7.94300036533E+8 * n^4 + 2.19490706179E+9 * n^3 +$$

$$-3.03230474368E+9 * n^2 + 2.09457699998E+9 * n + -5.78728790251E+8$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Teb = -8.76985807551E-8 * TV^5 + 6.50067617653E-5 * TV^4 + -.0114932049566 * TV^3 +$$

$$.620794749385 * TV^2 + 1.0727970205 * TV + 188.097470376$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Teb = -5.7061785 * Hv^5 + 1.0212949630747 * Hv^4 + -3.17137052120 * Hv^3 +$$

$$235.671450706 * Hv^2 + 34606 * Hv + 130182.017259$$

Vc

PARAFFINES

Teb





## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$d = 1.39043033770E-6 * Pc^5 + -.000184735796307 * Pc^4 + .00975101410607 * Pc^3 +$$

$$-.25574076339 * Pc^2 + 3.32650923114 * Pc + -16.4054326763$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$d = 1.89870626039E-13 * Tc^5 + -2.67270335872E-10 * Tc^4 + 1.52612511896E-7 * Tc^3 +$$

$$-4.52981449949E-5 * Tc^2 + .00780406146896 * Tc + .0221600237287$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$d = -4.03403410491E-14 * Vc^5 + 8.98406636109E-11 * Vc^4 + -7.78771521766E-8 * Vc^3 +$$

$$3.2174178389E-5 * Vc^2 + -.00579514375629 * Vc + .935036765549$$

d

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$d = -5.26023769905E-12 * MM^5 + 1.62678532312E-9 * MM^4 + 3.40086426544E-8 * MM^3 +$$

$$-6.96419244871E-5 * MM^2 + .0105631394602 * MM + .175197038684$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$d = -3.15520816445E-13 * Teb^5 + 1.41645360449E-10 * Teb^4 + -1.61057924005E-8 * Teb^3 +$$

$$-2.7425955839E-6 * Teb^2 + .00137001851817 * Teb + .576136337583$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$d = -8819.89007721 * n^5 + 61567.0092015 * n^4 + -171897.415902 * n^3 +$$

$$239958.562352 * n^2 + -167472.313516 * n + 46749.3368908$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$d = -4.23010963549E-11 * TV^5 + 3.14394886784E-8 * TV^4 + -5.57704552023E-6 * TV^3 +$$

$$.000305363592653 * TV^2 + -.00577047396935 * TV + .733526965552$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$d = -3.21375842339E-8 * Hv^5 + 1.19623810709E-5 * Hv^4 + -.00177689104936 * Hv^3 +$$

$$.131604842497 * Hv^2 + -4.8633531706 * Hv + 72.5497475501$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$MM = .00104200998403 * Pc^5 + -.138919748183 * Pc^4 + 7.35482647479 * Pc^3 +$$

$$-193.097714806 * Pc^2 + 2505.73207993 * Pc + -12675.4310394$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$MM = 5.09944362969E-10 * Tc^5 + -6.94530634495E-7 * Tc^4 + .000376336836256 * Tc^3 +$$

$$-.100396773389 * Tc^2 + 13.5095407184 * Tc + -675.22764118$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$MM = -2.48835491599E-11 * Vc^5 + 5.62764518936E-8 * Vc^4 + -5.02120344032E-5 * Vc^3 +$$

$$.0221743048983 * Vc^2 + -4.63316023552 * Vc + 426.016191956$$

MM

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$MM = 4.00791985164E+6 * d^5 + -1.34650202603E+7 * d^4 + 1.8103115275E+7 * d^3 +$$

$$-1.21712443281E+7 * d^2 + 4.09150491099E+6 * d + -550056.472777$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$MM = 1.47986287026E-10 * Teb^5 + -8.07954620303E-8 * Teb^4 + 1.74511427221E-5 * Teb^3 +$$

$$-.00107054446675 * Teb^2 + .43676103533 * Teb + 57.1265850281$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$MM = 9.89224454180E+7 * n^5 + -6.82987294346E+8 * n^4 + 1.80625972655E+9 * n^3 +$$

$$-2.60476914911E+9 * n^2 + 1.79851441204E+9 * n + -4.96733874657E+8$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$MM = -5.52491682392E-8 * TV^5 + 4.09775291124E-5 * TV^4 + -.00722097273038 * TV^3 +$$

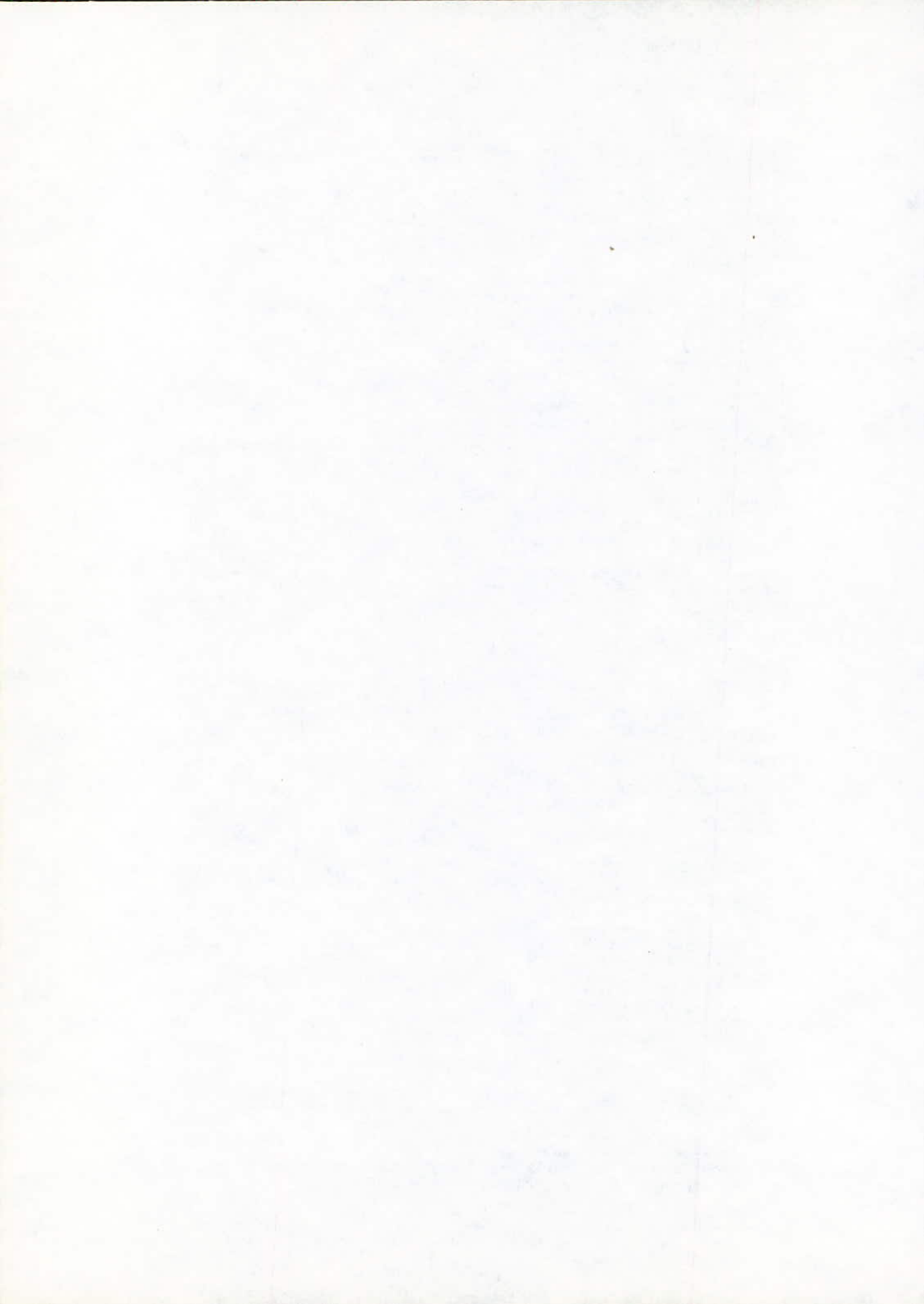
$$.387564247954 * TV^2 + -6.72897787985 * TV + 150.738595195$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$MM = -3.1975115934E-5 * Hv^5 + .0119463619306 * Hv^4 + -1.78226022324 * Hv^3 +$$

$$132.799472023 * Hv^2 + -4948.91633625 * Hv + 74053.255935$$

PARAFFINES



## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$n = 7.1754300030E-7 * Pc^5 + 5.4476624413E-5 * Pc^4 + .0050439836209 * Pc^3 +$$

$$-.132431388175 * Pc^2 + 1.72422104651 * Pc + -7.47720075738$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$n = 1.59440580909E-13 * Tc^5 + -2.20618689123E-10 * Tc^4 + 1.31434829913E-7 * Tc^3 +$$

$$-3.85360010346E-5 * Tc^2 + .00619076679888 * Tc + .923098358717$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$n = -1.86503417425E-14 * Vc^5 + 4.10269876879E-11 * Vc^4 + -3.49947035152E-8 * Vc^3 +$$

$$1.41078433385E-5 * Vc^2 + -.00239712758125 * Vc + 1.46003721604$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$n = 175.343135406 * d^5 + -614.404384308 * d^4 + 860.690695604 * d^3 +$$

$$-602.227907126 * d^2 + 211.002309588 * d + -28.3632171964$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$n = 1.5119709391E-12 * MM^5 + -1.56316624868E-9 * MM^4 + 5.58044550112E-7 * MM^3 +$$

$$-9.60309461207E-5 * MM^2 + .00076042047518 * MM + 1.05236631252$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$n = -6.4896729797E-14 * Teb^5 + 1.24901370102E-11 * Teb^4 + 6.12838091978E-9 * Teb^3 +$$

$$-3.04653371827E-6 * Teb^2 + .000797954809172 * Teb + 1.32963895425$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$n = -2.23459244638E-11 * TV^5 + 1.66070370620E-8 * TV^4 + -2.94587619348E-6 * TV^3 +$$

$$.000161269033547 * TV^2 + -.00304419864202 * TV + 1.41351918046$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$n = -1.81079334681E-8 * Hv^5 + 6.72545241149E-6 * Hv^4 + -.000996070558733 * Hv^3 +$$

$$.0736835152022 * Hv^2 + -2.71763408595 * Hv + 41.4678501528$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$TV = .00626474674445 * Pc^5 + -.79532046686 * Pc^4 + 40.4170136527 * Pc^3 +$$

$$-1024.92627376 * Pc^2 + 12948.2591271 * Pc + -65131.4767752$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$TV = -4.1590507685E-8 * Tc^5 + 9.97494616178E-5 * Tc^4 + -.0342852811667 * Tc^3 +$$

$$9.84197888502 * Tc^2 + -1417.37183302 * Tc + 82243.0875833$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$TV = -1.53176647159E-9 * Vc^5 + 3.73137789578E-6 * Vc^4 + -.00362742030125 * Vc^3 +$$

$$1.76341495998 * Vc^2 + -430.215669418 * Vc + 42349.1197838$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$TV = -2.05062797335E+8 * d^5 + 7.02295553893E+8 * d^4 + -9.61816718064E+8 * d^3 +$$

$$6.5847833635E+8 * d^2 + -2.2537183541E+8 * d + 3.0852788313E+7$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$TV = -2.81485408923E-6 * MM^5 + .00160785633056 * MM^4 + -.366186000625 * MM^3 +$$

$$41.630651865 * MM^2 + -2368.93128664 * MM + 54183.0405157$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$TV = -6.55022724146E-8 * Teb^5 + 3.9558427294E-5 * Teb^4 + -.00948438602321 * Teb^3 +$$

$$1.14955916291 * Teb^2 + -72.8599327383 * Teb + 2025.63012279$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$TV = -5.08276054345E+9 * n^5 + 3.52739210284E+10 * n^4 + -9.79174560539E+10 * n^3 +$$

$$1.35903081606E+11 * n^2 + -9.4310880602E+10 * n + 2.61787032295E+10$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$TV = .001862404147 * Hv^5 + .391851778574 * Hv^4 + 57.5401687234 * Hv^3 +$$

$$-4229.79452235 * Hv^2 + 477766 * Hv + -2.2781568794E+6$$

n

PARAFFINES

TV



COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Hv = -.000330392707884 * Pc^5 + .0430418943505 * Pc^4 + -2.31095719516 * Pc^3 + 60.4864831765 * Pc^2 + -784.595404164 * Pc + 4093.00421251$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Hv = 1.8287700627E-10 * Tc^5 + -2.54769428937E-7 * Tc^4 + .000140274206888 * Tc^3 + -.0380460993666 * Tc^2 + 4.93793837708 * Tc + -153.921844488$$

Hv

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Hv = 1.4766868134E-11 * Vc^5 + -3.36422541314E-8 * Vc^4 + 3.01338670786E-5 * Vc^3 + -.0131896781074 * Vc^2 + 2.73826989163 * Vc + -125.722996569$$

PARAFFINES

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Hv = 1.33109461532E+6 * d^5 + -4.55522906491E+6 * d^4 + 6.22849571672E+6 * d^3 + -4.25376132968E+6 * d^2 + 1.45097101688E+6 * d + -197645.561177$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Hv = 1.15156380267E-8 * MM^5 + -6.11446683277E-6 * MM^4 + .00126688884562 * MM^3 + -.126186482649 * MM^2 + 5.64890554609 * MM + 2.04340203715$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Hv = 3.77061925894E-10 * Teb^5 + -2.04940457557E-7 * Teb^4 + 4.15277741624E-5 * Teb^3 + -.00365326721737 * Teb^2 + -.0213588140603 * Teb + 89.2674535674$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Hv

$$Hv = 3.51095871716E+7 * n^5 + -2.43671501489E+8 * n^4 + 6.76413875352E+8 * n^3 + -9.38770892072E+8 * n^2 + 6.513979581E+8 * n + -1.80785142757E+8$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Hv = 1.01801167264E-8 * TV^5 + -7.56034073322E-6 * TV^4 + .00133780652232 * TV^3 + -.0726890251389 * TV^2 + 1.32595326615 * TV + 64.3078098022$$



COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Pc = -2.30725514019E-9 * Tc^5 + 3.51359016229E-6 * Tc^4 + .00202107641163 * Tc^3 + .566340065682 * Tc^2 + -77.2152298549 * Tc + 4138.36985498$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Pc = -1.20263174065E-10 * Vc^5 + 2.44498299451E-7 * Vc^4 + .000194222123155 * Vc^3 + .07535732511 * Vc^2 + -14.3858708511 * Vc + 1130.00993052$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Pc = -8.75227448946E+7 * d^5 + 3.52955710482E+8 * d^4 + -5.68928919671E+8 * d^3 + 4.58183040189E+8 * d^2 + -1.84356545568E+8 * d + 2.96485319915E+7$$

Pc

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Pc = -5.20059062001E-7 * MM^5 + .00027109167065 * MM^4 + -.0555532169373 * MM^3 + 5.59226145056 * MM^2 + -276.919041748 * MM + 5446.90799801$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Pc = 7.33505547989E-10 * Teb^5 + -6.77615817119E-7 * Teb^4 + .000227841166126 * Teb^3 + -.0342258595714 * Teb^2 + 2.07352839555 * Teb + 2.052021217$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Pc = -2.02868616946E+9 * n^5 + 1.46305676011E+10 * n^4 + -4.22021355635E+10 * n^3 + 6.08617523804E+10 * n^2 + -4.38824701878E+10 * n + 1.26550562755E+10$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Pc = 3.03344517155E-8 * TV^5 + -1.43673479845E-5 * TV^4 + .00170020117821 * TV^3 + -.0651607330132 * TV^2 + .97886115424 * TV + 19.456784069$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Pc = .000238264933952 * HV^5 + -.0920330931572 * HV^4 + 14.1544088822 * HV^3 + -1083.55445578 * HV^2 + 41293.1547479 * HV + -626782.29277$$

NAPHTHENES

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Tc = .000230124305291 * Pc^5 + -.0371449303976 * Pc^4 + 2.31337831363 * Pc^3 + -69.0309567756 * Pc^2 + 974.005030181 * Pc + -4760.18948222$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Tc = -1.73606905252E-9 * Vc^5 + 3.22288065505E-6 * Vc^4 + -.00233257766446 * Vc^3 + .821518059936 * Vc^2 + -140.120540029 * Vc + 9469.68240162$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Tc = 3.41574668151E+8 * d^5 + -1.37476912743E+9 * d^4 + 2.21198433038E+9 * d^3 + -1.77846437588E+9 * d^2 + 7.14516936587E+8 * d + -1.14753801681E+8$$

Tc

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Tc = 1.47986354334E-6 * MM^5 + -.000797566750999 * MM^4 + .169607584311 * MM^3 + -17.7735800138 * MM^2 + 919.144309733 * MM + -18524.9889476$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Tc = -6.60622580296E-9 * Teb^5 + 3.88961076124E-6 * Teb^4 + -.000814056694371 * Teb^3 + .0710453157375 * Teb^2 + -1.25197120032 * Teb + 204.20834836$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Tc = 7.33948053915E+9 * n^5 + -5.29029992539E+10 * n^4 + 1.52520480209E+11 * n^3 + -2.19846061211E+11 * n^2 + 1.58435179497E+11 * n + -4.56684948068E+10$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Tc = -4.3100269829E-7 * TV^5 + .000207672085068 * TV^4 + -.0257760656421 * TV^3 + 1.09358313699 * TV^2 + -16.5600006952 * TV + 417.434002125$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Tc = -.000766805495005 * HV^5 + .2968004659634 * HV^4 + -45.5106978826 * HV^3 + 3484.20166533 * HV^2 + -132848.722257 * HV + 2.01904912875E+6$$





## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Vc = -.00065079004406 * Pc^5 + .111111003207 * Pc^4 - 7.39501526922 * Pc^3 + 241.528441163 * Pc^2 - 3893.82336149 * Pc + 25238.3719292$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Vc = -2.48151466983E-9 * Tc^5 + 7.02653959643E-6 * Tc^4 - .00749690056163 * Tc^3 + 3.17424984521 * Tc^2 - 622.105320627 * Tc + 46371.4747435$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Vc = 1.11993017652E+9 * d^5 - 4.4985333133E+9 * d^4 + 7.22322406041E+9 * d^3 - 5.79530716623E+9 * d^2 + 2.32328560732E+9 * d - 3.72301705811E+8$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Vc = 3.76555047655E-6 * MM^5 - 1.93997577131 * MM^4 + .393169890393 * MM^3 - 39.1685890362 * MM^2 + 1.994 * MM - 36961.8449665$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Vc = -1.53756955966E-8 * Teb^5 + 1.30254965309E-5 * Teb^4 - .00379159795004 * Teb^3 + .551855259267 * Teb^2 - 32.2450449701 * Teb + 914.165063084$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Vc = 2.55020987551E+10 * n^5 - 1.03711662656E+11 * n^4 + 5.29332304807E+11 * n^3 - 7.6253674052E+11 * n^2 + 5.49203980492E+11 * n - 1.58211090192E+11$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Vc = -1.21448000493E-6 * TV^5 + .0005807778767 * TV^4 - .0705083007349 * TV^3 + 2.81931934412 * TV^2 - 36.0666060834 * TV + 582.552007141$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Vc = -.00218953460566 * HV^5 + .848677990919 * HV^4 - 131.023625585 * HV^3 + 10071.5297561 * HV^2 - 385526.479285 * HV + 5.88065226443E+6$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$d = -3.93735078679E-8 * Pc^5 + 2.30613329644E-6 * Pc^4 + 9.94507829642E-5 * Pc^3 - .0105135024862 * Pc^2 + .257286180266 * Pc - 1.13747737568$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$d = 1.11703007394E-10 * Tc^5 - 1.80189791649E-7 * Tc^4 + .000115253502209 * Tc^3 - .0365522054585 * Tc^2 + 5.74685063681 * Tc - 357.531006139$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$d = 2.52643693974E-12 * Vc^5 - 5.28424145108E-9 * Vc^4 + 4.34116110957E-6 * Vc^3 - .00174821444542 * Vc^2 + .34503546636 * Vc - 25.9437019139$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$d = 6.12360566491E-9 * MM^5 - 3.26190782506E-6 * MM^4 + .000684534921376 * MM^3 - .0706836157019 * MM^2 + 3.59028207699 * MM - 71.0008809873$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$d = 6.44267805289E-11 * Teb^5 - 4.28378225032E-8 * Teb^4 + 1.08379894347E-5 * Teb^3 - .00129026756934 * Teb^2 + .0721266755365 * Teb - .743527602912$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$d = -1.26412661739E+6 * n^5 + 9.11305089353E+6 * n^4 - 2.62763930432E+7 * n^3 + 3.78795910149E+7 * n^2 - 2.73012522738E+7 * n + 7.87023042905E+6$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$d = -7.90277311623E-11 * TV^5 + 3.66324312530E-8 * TV^4 - 4.12134772118E-6 * TV^3 + .000155307697022 * TV^2 - .00365623822653 * TV + .859012937682$$

## COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$d = -1.63399351059E-6 * HV^5 + .000629363099856 * HV^4 - .0965102445143 * HV^3 + 7.36765965616 * HV^2 - 279.978804343 * HV + 4238.82156843$$

Vc

NAPHTHÈNES

d



COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$MM = .000140750022776 * Pc^5 + -.0232719535094 * Pc^4 + 1.40074042797 * Pc^3 - 41.0231837497 * Pc^2 + 567.99864101 * Pc + -2020.0094062$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$MM = -1.73257177011E-8 * Tc^5 + 2.01465915014E-5 * Tc^4 + -.0101563247285 * Tc^3 + 5.81083711924 * Tc^2 + -921.854140250 * Tc + 58014.4663906$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

MM

$$MM = -1.32240582527E-9 * Vc^5 + 2.55941027937E-6 * Vc^4 + -.00194568011086 * Vc^3 + .725940741376 * Vc^2 + -132.681678576 * Vc + 9566.36030624$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$MM = 2.12846008201E+8 * d^5 + -0.57042790435E+8 * d^4 + 1.37952371148E+9 * d^3 - 1.10955393896E+9 * d^2 + 4.45916537605E+8 * d + -7.16354505192E+7$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$MM = -1.55273945458E-8 * Teb^5 + 1.02075212789E-5 * Teb^4 + -.00254445080171 * Teb^3 + .297339054788 * Teb^2 + -15.6475674463 * Teb + 367.967225221$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$MM = 4.89812090999E+9 * n^5 + -3.53112200666E+10 * n^4 + 1.01018582400E+11 * n^3 - 1.46785189654E+11 * n^2 + 1.05798146306E+11 * n + -3.05003102758E+10$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$MM = -2.12906978357E-7 * TV^5 + .000102731525163 * TV^4 + -.0127919926327 * TV^3 + .544263132281 * TV^2 + -8.14398198876 * TV + 151.435763456$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$MM = -.000258260564202 * HV^5 + .0999425781512 * HV^4 + -15.4057888948 * HV^3 + 1182.5944747 * HV^2 + -45217.5033815 * HV + 689257.353917$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

NAPHTHENE'S

$$Teb = .000209754726005 * Pc^5 + -.0341474726693 * Pc^4 + 2.15664251876 * Pc^3 - 65.6729436786 * Pc^2 + 952.780990856 * Pc + -5035.16585882$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Teb = 1.73015408783E-8 * Tc^5 + -2.73246552525E-5 * Tc^4 + .0170840283717 * Tc^3 - 5.28386399665 * Tc^2 + 809.26791484 * Tc + -49112.2555998$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Teb = -9.40490067263E-10 * Vc^5 + 1.67973756534E-6 * Vc^4 + -.00116372910735 * Vc^3 + .390253642774 * Vc^2 + -62.7299054637 * Vc + 3873.01803456$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Teb

$$Teb = 3.52532601861E+8 * d^5 + -1.41976215271E+9 * d^4 + 2.28566294512E+9 * d^3 - 1.83862002557E+9 * d^2 + 7.39007285033E+8 * d + -1.18731663004E+8$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Teb = 2.52937205493E-6 * MM^5 + -.00134200427488 * MM^4 + .280410220925 * MM^3 - 28.8139033909 * MM^2 + 1457.41163768 * MM + -28990.8550476$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Teb = 7.70252368292E+9 * n^5 + -5.55319654929E+10 * n^4 + 1.6013398404E+11 * n^3 + -2.30868248126E+11 * n^2 + 1.66412098145E+11 * n + -4.79772479158E+10$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Teb = -3.46229128724E-7 * TV^5 + .000166359587155 * TV^4 + -.020503777292 * TV^3 + .861254051869 * TV^2 + -13.4200734503 * TV + 220.479790411$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$Teb = -.0011176215297 * HV^5 + .431321420432 * HV^4 + -66.2861125558 * HV^3 + 5071.33645742 * HV^2 + -193186.245658 * HV + 2.93216070507E+6$$



COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$n = -4.73499573507E-8 * Pc^5 + 5.50517921873E-6 * Pc^4 - .000223816114614 * Pc^3 + .00308074976044 * Pc^2 + .00419138965185 * Pc + 1.2014929653$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$n = 5.87575061728E-11 * Tc^5 + -9.46011023419E-8 * Tc^4 + 6.04359129295E-5 * Tc^3 + -.0191442306853 * Tc^2 + 3.00652126803 * Tc + -185.836103134$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$n = 1.44849481534E-12 * Vc^5 + -3.01265499439E-9 * Vc^4 + 2.462451084E-6 * Vc^3 + -.000987307532156 * Vc^2 + .194170646348 * Vc + -13.5726899955$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$n = 28767.0194569 * d^5 + -115893.795732 * d^4 + 186627.479283 * d^3 + -150157.65974 * d^2 + 60363.7894362 * d + -9698.23991883$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$n = 3.32626960603E-9 * MM^5 + -1.76992967213E-6 * MM^4 + .000371052285168 * MM^3 + -.0382783369284 * MM^2 + 1.94283880674 * MM + -37.3977571509$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$n = 3.38802441449E-11 * Teb^5 + -2.2447759763E-8 * Teb^4 + 5.65998544127E-6 * Teb^3 + -.000672111382728 * Teb^2 + .0375876476576 * Teb + .628795932285$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$n = -5.19668847615E-11 * TV^5 + 2.41541366717E-8 * TV^4 + -2.7301390701E-6 * TV^3 + .00010096082006 * TV^2 + -.00207760848257 * TV + 1.47143416423$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$n = -9.07268797678E-7 * HV^5 + .000349559215886 * HV^4 + -.0536249371354 * HV^3 + 4.09476654629 * HV^2 + -155.657212704 * HV + 2358.40115365$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$TV = 8.55797753982E-5 * Pc^5 + -.0076508452413 * Pc^4 + .157206693113 * Pc^3 + 3.65831305709 * Pc^2 + -161.308903132 * Pc + 1458.20169168$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$TV = 2.18697686848E-8 * Tc^5 + -3.47537434506E-5 * Tc^4 + .0217629493514 * Tc^3 + -6.68606267301 * Tc^2 + 1001.44502489 * Tc + -57881.4601124$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$TV = -2.08483251018E-9 * Vc^5 + 4.58168482861E-6 * Vc^4 + -.00399125226734 * Vc^3 + 1.72364633498 * Vc^2 + -369.571186891 * Vc + 31577.6040306$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$TV = -8.63434708519E+8 * d^5 + 3.49502035881E+9 * d^4 + -5.6549224096E+9 * d^3 + 4.57157748767E+9 * d^2 + -1.84656353641E+9 * d + 2.9813159661E+8$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$TV = -2.80222192593E-6 * MM^5 + .00154492517345 * MM^4 + -.338197735504 * MM^3 + 36.7938733234 * MM^2 + -1993.84150792 * MM + 43222.3486141$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$TV = -6.34327902004E-9 * Teb^5 + 6.34431777124E-6 * Teb^4 + -.00241313496574 * Teb^3 + .444113771881 * Teb^2 + -40.2801238607 * Teb + 1476.84559901$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$TV = -1.85572260286E+10 * n^5 + 1.33946539536E+11 * n^4 + -3.06703258913E+11 * n^3 + 5.58164115207E+11 * n^2 + -4.02794546679E+11 * n + 1.16260631819E+11$$

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

$$TV = .000775369092573 * Hv^5 + -.297901187916 * Hv^4 + 45.5925158593 * Hv^3 + -3474.4146311 * Hv^2 + 131844.711105 * Hv + -1.99328592979E+6$$

n

NAPHTHÈNES

TV



COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Hv = -.000133882725024 \* Pc^5+ .0213457754768 \* Pc^4+-1.3291164687 \* Pc^3+  
40.3484201054 \* Pc^2+-595.843333847 \* Pc+ 3489.2010856

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Hv = 1.91130216442E-8 \* Tc^5+-3.09020124554E-5 \* Tc^4+ .01983689714 \* Tc^3+  
-6.31666712129 \* Tc^2+ 997.081106791 \* Tc+-62283.3698626

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Hv = 7.71786184807E-10 \* Vc^5+-1.51579501941E-6 \* Vc^4+ .0011705033298 \* Vc^3+  
-.443669162766 \* Vc^2+ 82.3541218274 \* Vc+-5889.94153418

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Hv =-1.10444640165E+8 \* d ^5+ 4.46607557678E+8 \* d ^4+-7.21859358469E+8 \* d ^3+  
5.82944433224E+8 \* d ^2+-2.35203218911E+8 \* d + 3.79302660369E+7

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Hv = 4.55506590451E-7 \* MM^5+- .00024166459811 \* MM^4+ .0505293056334 \* MM ^3+  
-5.19643530884 \* MM^2+ 262.029079424 \* MM+-5081.28285751

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Hv = 1.42105846272E-8 \* Teb^5+-9.28947832732E-6 \* Teb^4+ .00230971018901 \* Teb^3+  
-.269313672652 \* Teb^2+ 14.2948288186 \* Teb+-183.134148413

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Hv =-2.69777036184E+9 \* n ^5+ 1.94696130563E+10 \* n ^4+-5.62000418379E+10 \* n ^  
3+ 8.1105949856E+10 \* n ^2+-5.85201350744E+10 \* n + 1.6888233296E+10

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Hv = 1.77078486810E-8 \* TV ^5+-0.90972855889E-6 \* TV^4+ .0012312431895 \* TV ^3+  
-.06350118081 \* TV ^2+ 1.36507376684 \* TV + 63.6675245289

Hv

NAPHTHÈNES





-----  
 COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON  
 -----

Pc = 3.17793572543E-7 \* Tc^4+- .000433816230194 \* Tc^3+ .221978533737 \* Tc^2+  
 -50.65279012 \* Tc+ 4401.54916687

-----  
 COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON  
 -----

Pc = 2.84422289198E-9 \* Vc^4+-5.3729329459E-6 \* Vc^3+ .00383111145853 \* Vc^2+  
 -1.27588559534 \* Vc+ 202.350199194

Pc

-----  
 COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON  
 -----

Pc = 5.06989546898E+10 \* d^4+-1.74908645474E+11 \* d^3+ 2.26279675252E+11 \* d  
 ^2+-1.38103231318E+11 \* d + 2.89512826672E+10

-----  
 COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON  
 -----

Pc = 2.23519046096E-6 \* MM^4+- .00100759968103 \* MM^3+ .171551083645 \* MM^2+  
 -13.3616950701 \* MM+ 442.343165092

-----  
 COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON  
 -----

Pc = 1.76967062242E-7 \* Teb^4+-9.55319932751E-5 \* Teb^3+ .8195934054453 \* Teb^2+  
 -1.99310903368 \* Teb+ 124.08572227

-----  
 COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON  
 -----

Pc = -2.21165544807E+10 \* n^4+ 1.31945040322E+11 \* n^3+-2.9518769117E+11 \* n^2+  
 2.93507502963E+11 \* n +-1.09438403332E+11

-----  
 COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON  
 -----

Pc = -2.26605846515E-5 \* TV^4+ .00324679401439 \* TV^3+- .120295161858 \* TV^2+  
 1.8010121359 \* TV+ 26.7653118037

-----  
 COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON  
 -----

Pc = .000228174981787 \* HV^4+- .0752161735437 \* HV^3+ 9.27024348771 \* HV^2+  
 -505.464746334 \* HV+ 10306.9881892

-----  
 COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON  
 -----

AROMATIQUES

Tc = .00136374987798 \* Pc^4+- .207239143754 \* Pc^3+ 11.7583778033 \* Pc^2+  
 -300.345948834 \* Pc+ 3294.09957954

-----  
 COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON  
 -----

Tc = 3.96699637711E-8 \* Vc^4+-5.63289977359E-5 \* Vc^3+ .0287920679069 \* Vc^2+  
 -5.829901326 \* Vc+ 667.703254497

-----  
 COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON  
 -----

Tc = -2.56066951941E+11 \* d^4+ 8.83389358820E+11 \* d^3+-1.14280649265E+12 \* d  
 ^2+ 6.57054518354E+11 \* d +-1.41661593353E+11

-----  
 COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON  
 -----

Tc = 5.19575230543E-6 \* MM^4+- .00204581875428 \* MM^3+ .280735665221 \* MM^2+  
 -15.3733995645 \* MM + 509.743848875

-----  
 COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON  
 -----

Tc = 4.29278264916E-7 \* Teb^4+- .000232404760496 \* Teb^3+ .0454477523077 \* Teb^2+  
 -2.83030788806 \* Teb+ 325.896279254

-----  
 COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON  
 -----

Tc = 1.19898873878E+11 \* n^4+-7.15291114262E+11 \* n^3+ 1.60022105161E+12 \* n  
 ^2+-1.59108514006E+12 \* n + 5.93248006121E+11

-----  
 COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON  
 -----

Tc = .00023497698668 \* TV^4+- .0328720083255 \* TV^3+ 1.13459118879 \* TV^2+  
 -13.9655364106 \* TV + 400.569526326

-----  
 COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON  
 -----

Tc = -.00078139071881 \* HV^4+ .259485034788 \* HV^3+-32.1707494758 \* HV^2+  
 1760.4885493 \* HV +-35451.8507198

-----  
 COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON  
 -----

Tc



Vc = -.00137398095826 \* Pc^4+ .204916087096 \*Pc ^3+-10.9076197187 \*Pc ^2+  
231.023745141 \*Pc +-1064.79204043

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Vc =-5.95357419956E-6 \* Tc^4+ .00798677346354 \*Tc ^3+-3.99501540232 \*Tc ^2+  
885.456777089 \*Tc +-73220.9536002

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Vc =-5.94917466569E+11 \* d ^4+ 2.05238742699E+12 \*d ^3+-2.65511813166E+12 \*d  
^2+ 1.52656919973E+12 \*d +-3.29132769902E+11

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Vc =-2.62971034836E-5 \* MM ^4+ .0100722393231 \*MM ^3+-1.65060319927 \*M H^2+  
114.889143325 \*MM +-2797.99686393

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Vc =-3.66391362842E-6 \* Teb^4+ .00104502600412 \*Teb^3+- .332333407430 \*Teb^2+  
27.4984444699 \*Teb+-609.142542655

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Vc = 2.58311311563E+11 \* n ^4+-1.54094151657E+12 \* n ^3+ 3.44713704959E+12 \* n  
^2+-3.42725818999E+12 \* n + 1.27780552782E+12

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Vc = .000473673270276 \* TV^4+- .0676985650609 \*TV ^3+ 2.48275949102 \*TV ^2+  
-34.259201903 \*TV + 529.608992468

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Vc =-.00444987939241 \* HV^4+ 1.47056009705 \*HV ^3+-181.379746515 \*HV ^2+  
9884.79938532 \*HV +-200230.267113

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

AROMATIQUES

d = 1.74335798903E-6 \* Pc^4+- .000256592254510 \*Pc ^3+ .0139784002589 \*Pc ^2+  
-.333535956049 \*Pc + 3.79756802035

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

d = 2.92225410967E-9 \* Tc^4+-4.01044997735E-6 \*Tc ^3+ .00205719763739 \*Tc ^2+  
-.467559503643 \*Tc + 40.5967621269

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

d = 7.89146198934E-11 \* Vc^4+-1.22957886784E-7 \*Vc ^3+ 7.08267566633E-5 \*Vc ^2  
+- .0179101904268 \*Vc + 2.54245261393

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

d = 2.7009655704E-8 \* MM^4+-1.17290867718E-5 \*MM ^3+ .00189069685615 \*MM^2+  
-.134243743014 \*MM + 4.40822813776

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

d = 2.39877589708E-9 \* Teb^4+-1.31052913704E-6 \*Teb^3+ .000262483599668 \*Teb^2+  
-.022909565131 \*Teb+ 1.59939607246

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

d = 1.34788582056E+7 \* n ^4+-8.04062675155E+7 \* n ^3+ 1.79869173193E+8 \* n ^2+  
-1.78829772113E+8 \* n+ 6.6673452594E+7

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

d = 1.84990735481E-8 \* TV^4+-2.15194697271E-6 \* TV^3+ 3.26431217076E-5 \* TV^2+  
.000630686924962 \* TV+ .055370856286

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

d = 1.05746914597E-6 \* HV^4+- .000343073035704 \* HV^3+ .0415872375341 \* HV^2+  
-2.2318870494 \* HV+ 45.5946689163

Vc

d



COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

MM = .000377041725462 \* Pc^4+- .0580405551023 \* Pc^3+ 3.37718578433 \* Pc^2+  
-92.3658418633 \* Pc+ 1102.06663743

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

MM =-5.49527731504E-7 \* Tc^4+ .000734565991548 \* Tc^3+- .365373568067 \* Tc^2+  
80.7026786957 \* Tc+-6625.86465567

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

MM

MM = 1.68299503925E-8 \* Vc^4+-2.45473834693E-5 \* Vc^3+ .0131066827898 \* Vc^2+  
-2.79930982748 \* Vc+ 274.679151984

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

MM =-1.42306237691E+11 \* d ^4+ 4.90931330211E+11 \* d ^3+-6.35096070159E+11 \* d  
^2+ 3.65145736464E+11 \* d +-7.87254247363E+10

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

MM =-1.85392293241E-7 \* Teb^4+ 8.49665575521E-5 \*Teb^3+- .0127963001416 \*Teb^2+  
1.22076284668 \*Teb+ 26.400127048

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

MM = 6.50582900942E+10 \* n ^4+-3.88111913291E+11 \* n ^3+ 8.60242356295E+11 \* n  
^2+-8.63258464097E+11 \* n + 3.21862508445E+11

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

MM = .000140005357095 \* TV^4+- .0197088412925 \*TV ^3+ .692353923451 \* TV^2+  
-8.74087385891 \*TV + 142.482443524

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

MM =-.000721120663424 \* HV^4+ .238788653059 \*HV ^3+-29.5040375391 \* HV^2+  
1609.71460381 \*HV +-32562.5065384

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

AROMATIQUES

Teb= .00110712309935 \* Pc^4+- .170302453916 \*Pc ^3+ 9.8161373256 \* Pc^2+

-256.452171643 \*Pc + 2730.86853224  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Teb=-5.34398608994E-7 \* Tc^4+ .000731430096014 \*Tc ^3+- .37343216325 \* Tc^2+  
85.32539603 \*Tc +-7316.63862913

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Teb= 2.90108802048E-8 \* Vc^4+-3.98296145994E-5 \*Vc ^3+ .0194596898073 \* Vc^2+  
-3.52948738771 \*Vc + 250.309753406

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Teb

Teb=-2.58075412338E+11 \* d ^4+ 8.90313618579E+11 \*d ^3+-1.15175813592E+12 \* d  
^2+ 6.62197769856E+11 \*d +-1.42769727221E+11

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Teb= 9.66325359417E-7 \* MM^4+- .000226259258239 \*MM ^3+ .00023314489373 \*MM ^2+  
4.67048177889 \*MM +-214.293515429

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Teb= 1.18677911362E+11 \* n ^4+-7.08004309489E+11 \*n ^3+ 1.58391382774E+12 \* n  
^2+-1.57486400847E+12 \* n + 5.87197518864E+11

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Teb= .000252644646043 \* TV 4+- .035408714245 \*TV ^3+ 1.22773792785 \*TV ^2+  
-15.1461898899 \* TV+ 197.590543639

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Teb=-.00182953007436 \* HV 4+ .340325177482 \*HV ^3+-41.9902953996 \*HV ^2+  
2288.63745944 \* HV+-46242.2732617

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON



n = 2.95029220012E-7 \* Pc^4+ -3.9783826621E-5 \* Pc^3+ .00191603602400 \* Pc^2+  
-.0378661094450 \* Pc+ 1.73400632509  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

n = 9.24419060605E-10 \* Tc^4+ -1.27029318624E-6 \* Tc^3+ .000659344946481 \* Tc^2+  
+-.150454070305 \* Tc+ 14.3163677578  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

n = 2.02674325308E-11 \* Vc^4+ -3.2393616442E-8 \* Vc^3+ 1.89498475054E-5 \* Vc^2+  
-.00484948156426 \* Vc+ 1.95436639075  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

n = 8.68227154313E+6 \* d^4+ -2.99391902029E+7 \* d^3+ 3.07139334349E+7 \* d^2+  
-2.22485324759E+7 \* d + 4.7946424384E+6  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

n = 7.99077864411E-9 \* MM^4+ -3.51203836588E-6 \* MM^3+ .000569549760679 \* MM^2+  
-.0405671388946 \* MM + 2.56795549774  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

n = 7.46920626641E-10 \* Teb^4+ -4.15506249594E-7 \* Teb^3+ 8.3615085709E-5 \* Teb^2+  
-.00729686126707 \* Teb+ 1.72871202135  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

n = -5.38284298299E-8 \* TV^4+ 7.58739035258E-6 \* TV^3+ -.00026501022108 \* TV^2+  
.00306706836612 \* TV + 1.48191402268  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

n = 4.46681619495E-7 \* HV^4+ -.00014821005305 \* HV^3+ .0175207792067 \* HV^2+  
-.936929881787 \* HV + 20.1668351721

COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

TV= -.000291442075275 \* Pc^4+ .0522339054763 \* Pc^3+ -3.10804334219 \* Pc^2+  
77.6399497549 \* Pc + -704.086877473  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

TV= 1.52670067557E-6 \* Tc^4+ -.0022412621493 \* Tc^3+ 1.23736606879 \* Tc^2+  
-304.653860001 \* Tc + 28242.8465834  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

TV= 9.29107147127E-8 \* Vc^4+ -.000159229644159 \* Vc^3+ .102354600762 \* Vc^2+  
-29.3304231449 \* Vc + 3174.03185491  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

TV= 1.95279334421E+11 \* d^4+ -6.73715303085E+11 \* d^3+ 8.71603051945E+11 \* d^2+  
-5.01152087826E+11 \* d + 1.08054449791E+11  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

TV= 2.83221318298E-5 \* MM^4+ -.0133598772494 \* MM^3+ 2.36649460497 \* MM^2+  
-186.929043034 \* MM + 5570.38345016  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

TV= 1.14154487291E-6 \* Teb^4+ -.000757268472053 \* Teb^3+ .191003377499 \* Teb^2+  
-21.854716377 \* Teb+ 961.904410733  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

TV= -7.63870791543E+10 \* n^4+ 4.55819672941E+11 \* n^3+ -1.01998901479E+12 \* n^2+  
1.01448973504E+12 \* n + -3.78321127226E+11  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

TV= .000329361713232 \* HV^4+ -.0995705785848 \* HV^3+ 11.3901277585 \* HV^2+  
-583.285793611 \* HV + 11258.4942419  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

n

AROMATIQUES

TV





Hv

Hv=-.000781609940585 \* Pc ^4+ .119722697919 \*Pc ^3+-6.81105894284 \*Pc ^2+  
171.759714274 \*Pc +-1548.75878616  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Hv=-4.71685917661E-7 \* Tc ^4+ .000625490202281 \*Tc ^3+- .309472311348 \*Tc ^2+  
67.4669300351 \*Tc +-5363.82191364  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Hv=-1.67089869227E-8 \* Vc ^4+ 2.32713142991E-5 \*Vc ^3+- .0116701242015 \*Vc ^2+  
2.38350768927 \*Vc +-69.4821046234  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Hv= 5.91603886671E+10 \* d ^4+-2.04086265074E+11 \*d ^3+ 2.64008790854E+11 \*d  
^2+-1.5178579057E+11 \*d + 3.27239563412E+10  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Hv=-4.11304252889E-6 \* MM ^4+ .00162261821066 \*MM ^3+- .232943830132 \*MM ^2+  
13.9473758992 \*MM +-194.240741731  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Hv=-4.63444845438E-7 \*Teb ^4+ .000234045827035 \*Teb^3+- .0426179725143 \*Teb^2+  
3.07373548185 \*Teb+ 20.1563163495  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

Hv=-2.92649900592E+10 \* n ^4+ 1.74596678981E+11 \* n ^3+-3.90618865899E+11 \* n  
^2+ 3.88406335242E+11 \* n +-1.44826833936E+11  
COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON

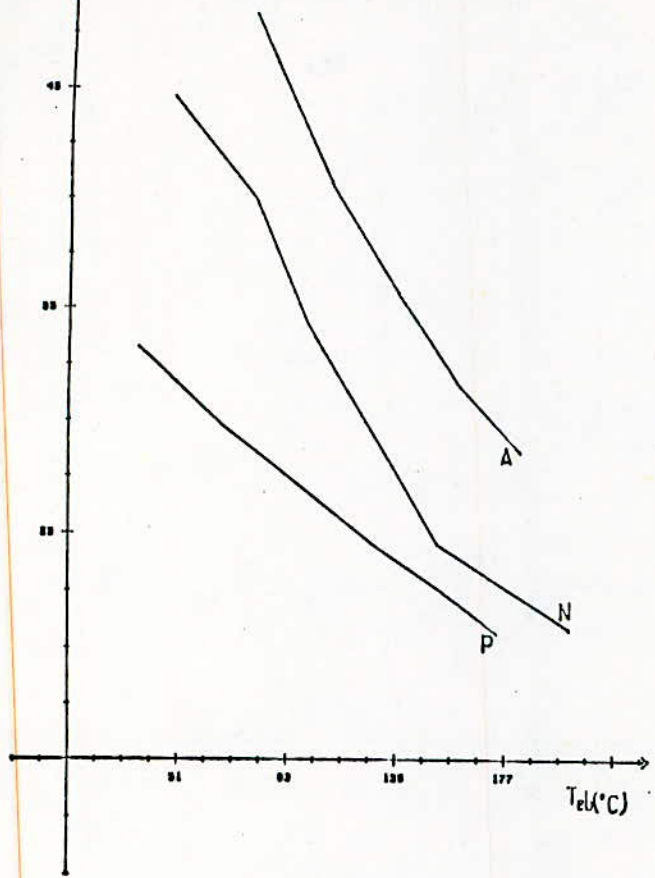
Hv=-8.26352843387E-5 \* TV ^4+ .0114027348472 \*TV ^3+- .376657673516 \*TV ^2+  
4.09344297019 \* TV+ 66.0744021028

AROMATIQUE



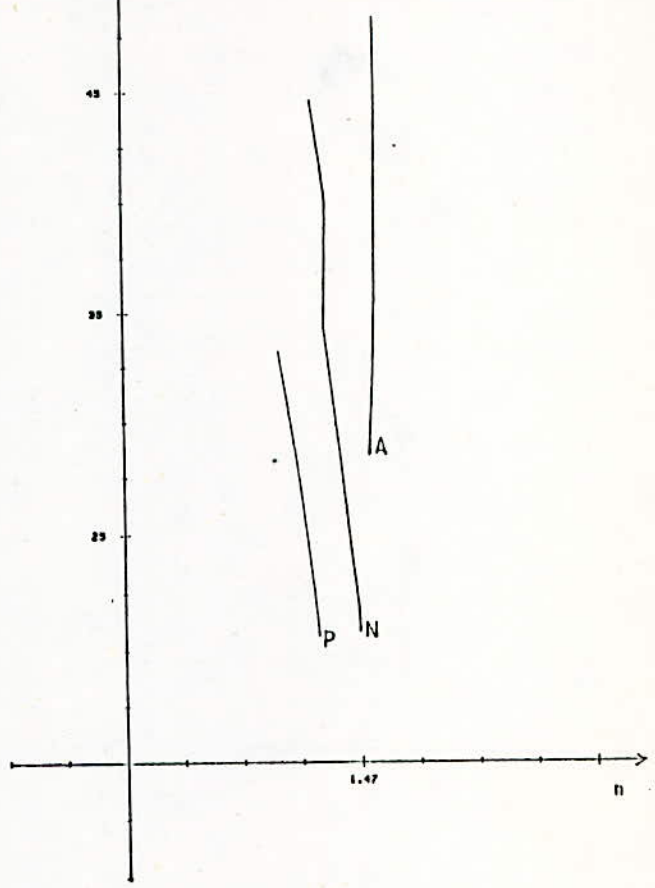
$P_c(\text{atm})$

variation de  $P_c$  en fonction de  $T_{el}$



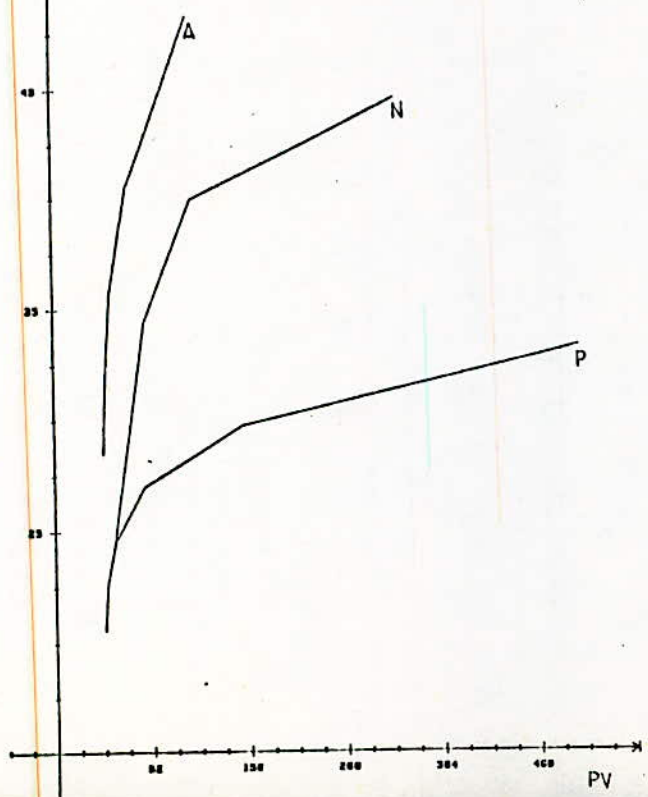
$P_c(\text{atm})$

variation de  $P_c$  en fonction de  $n$



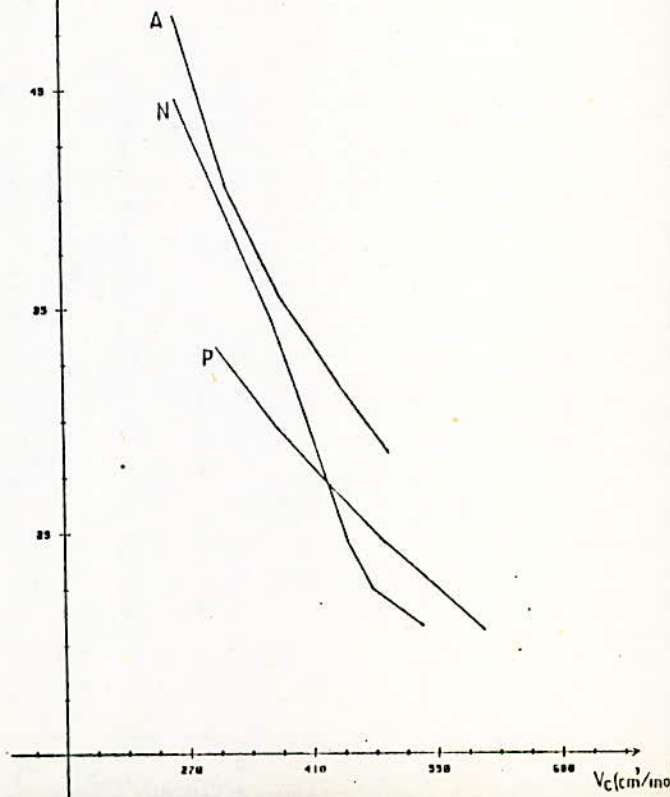
$P_c(\text{atm})$

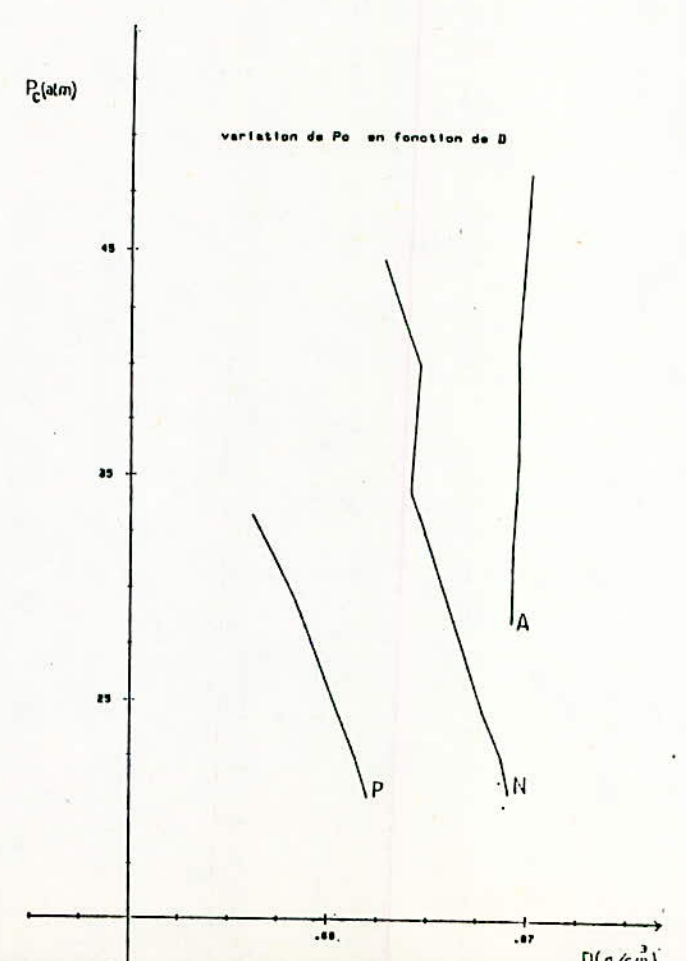
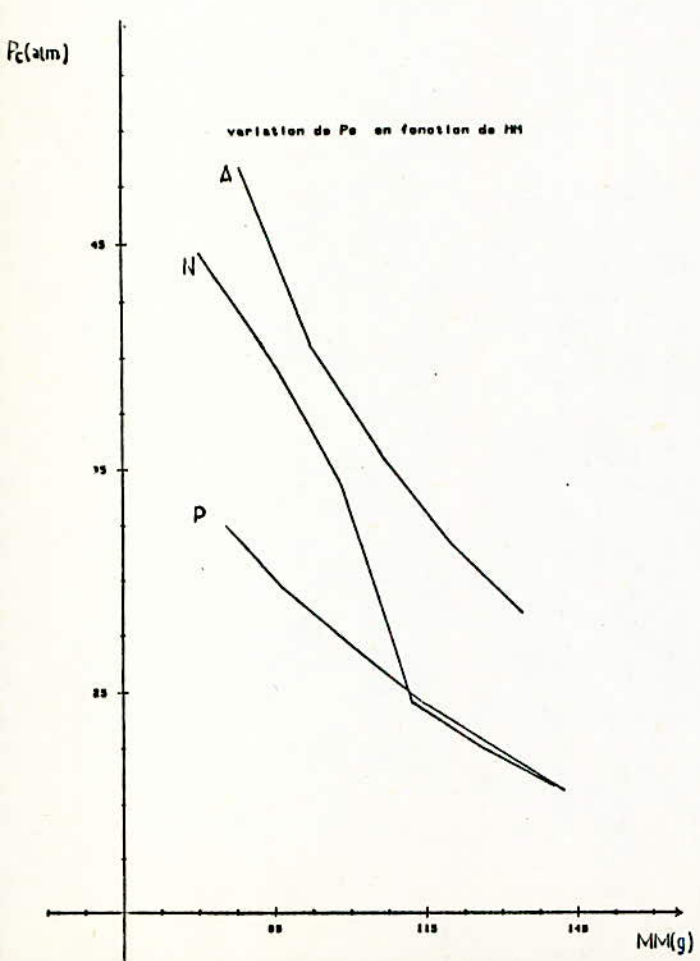
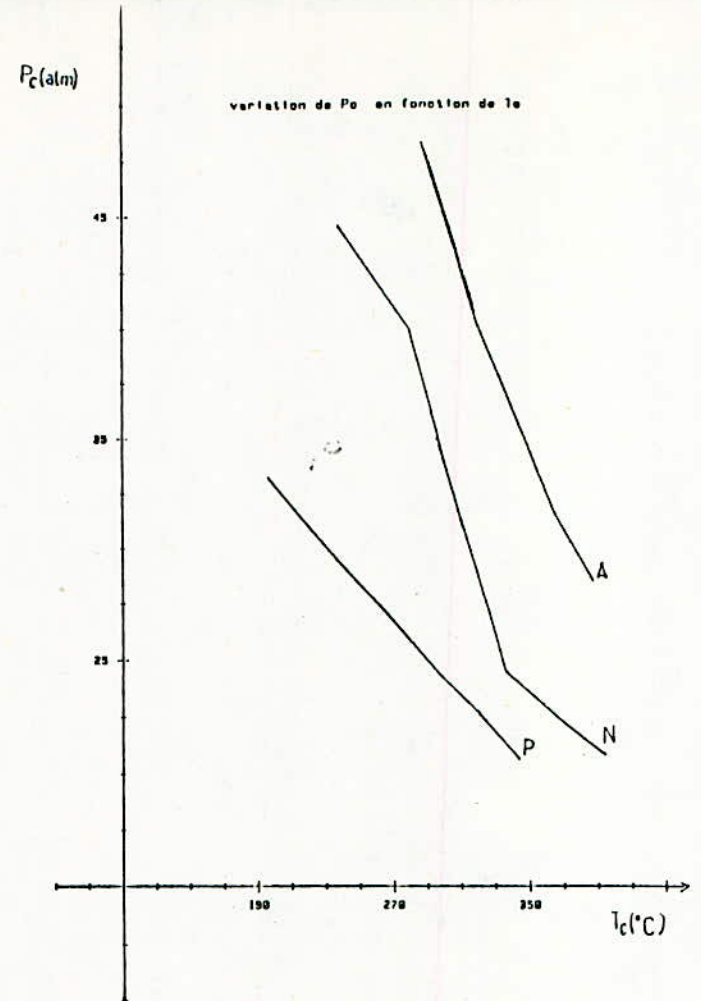
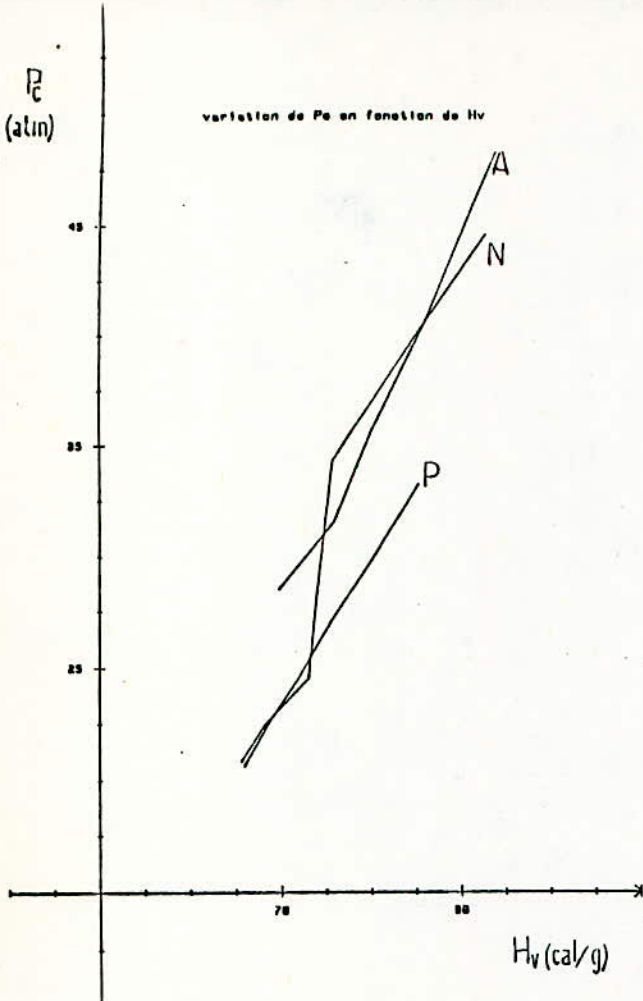
variation de  $P_c$  en fonction de  $P_V$

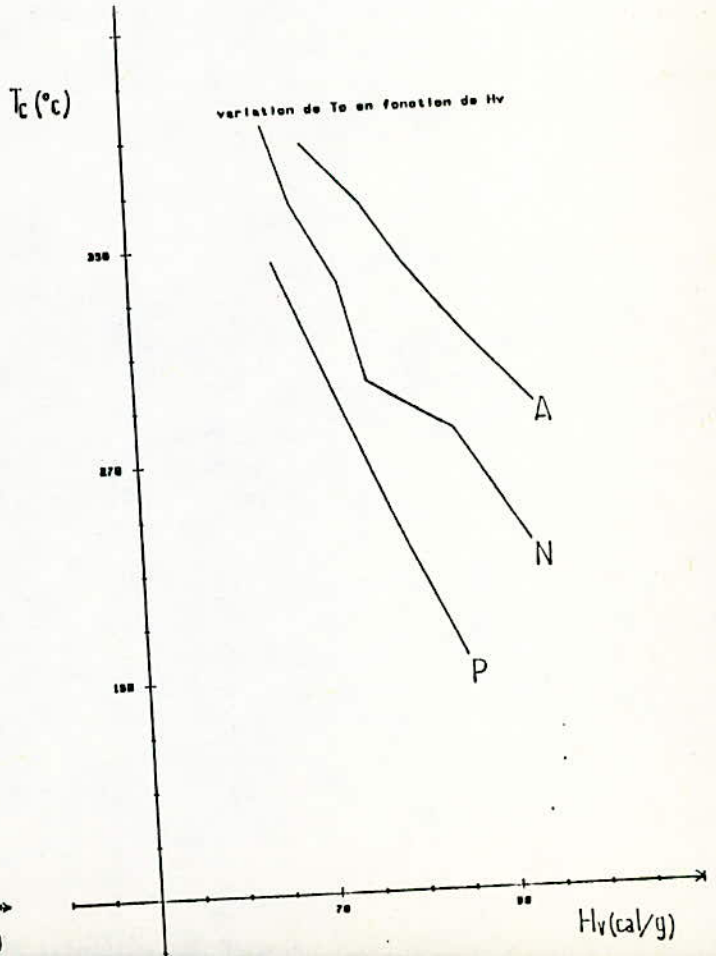
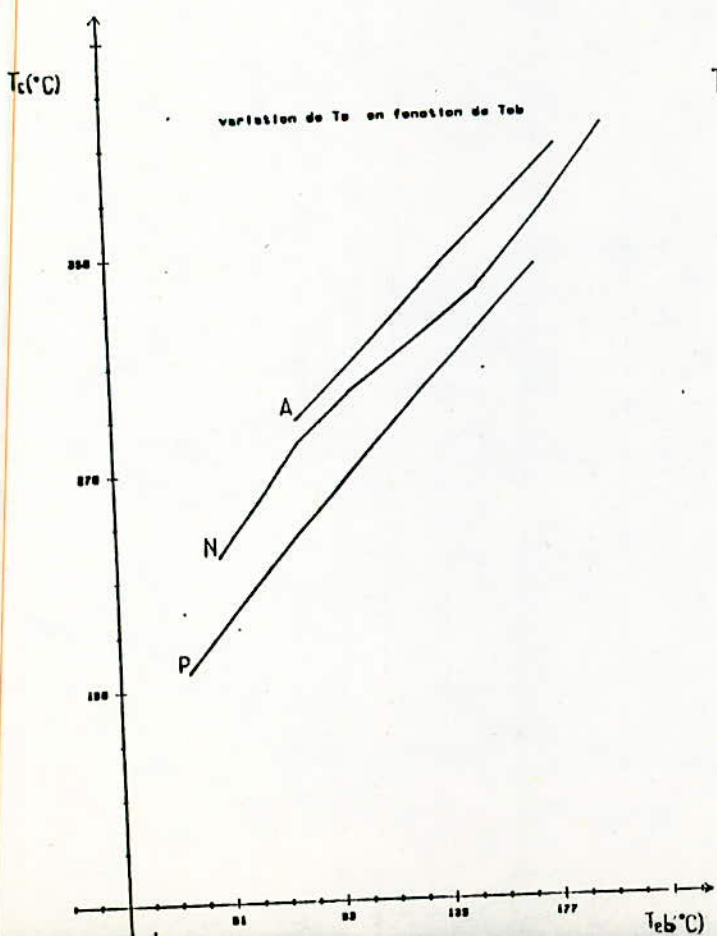
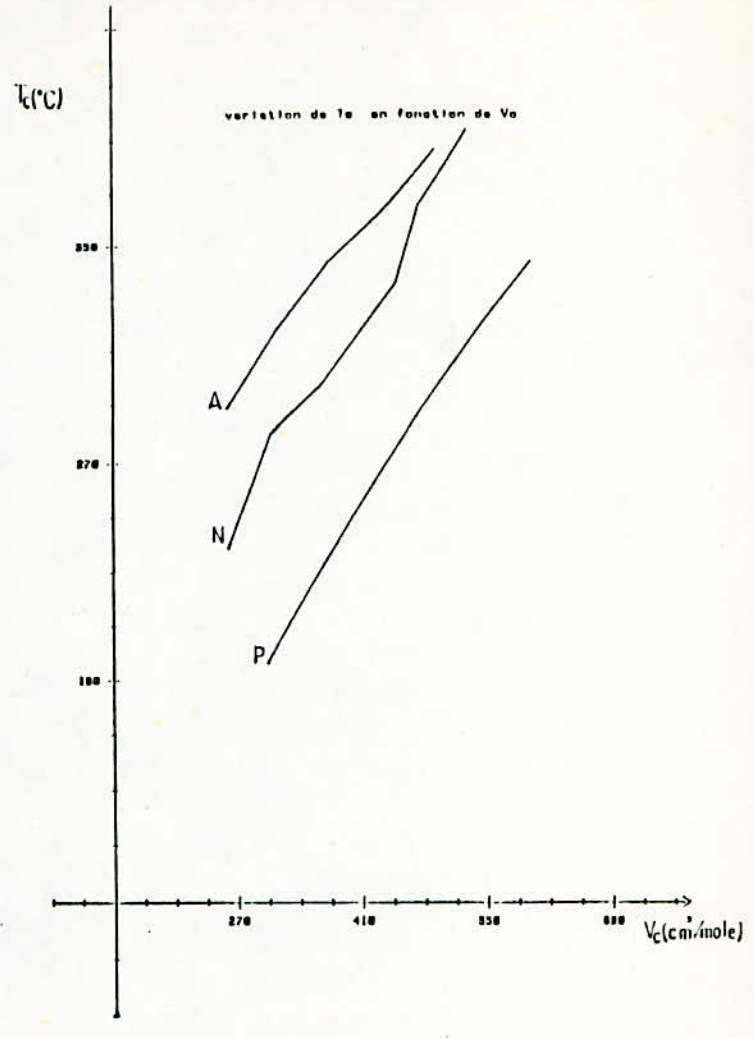
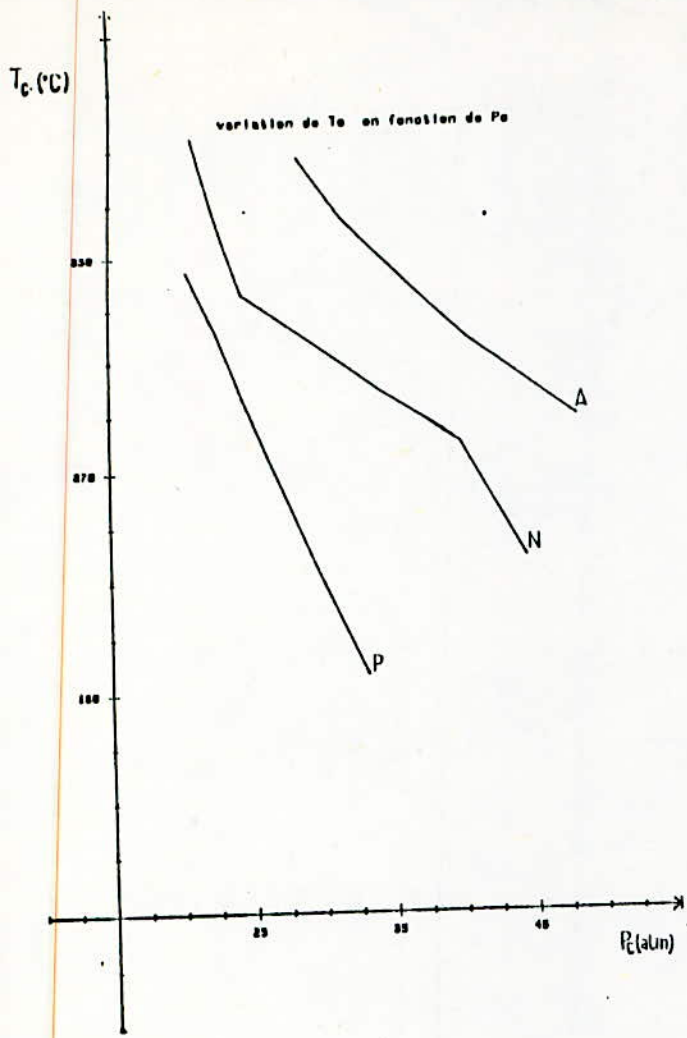


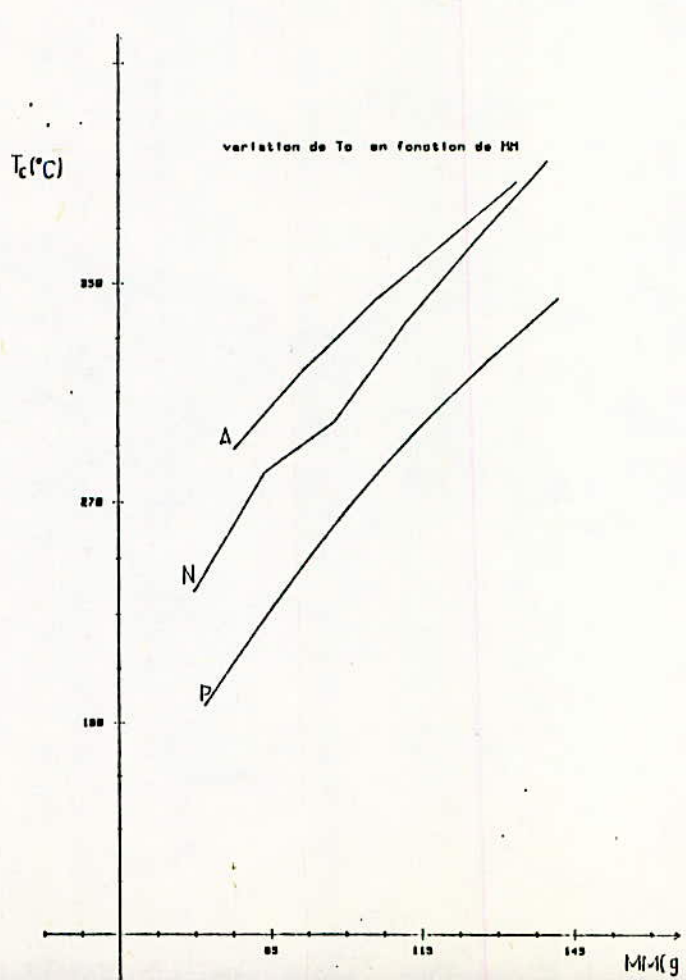
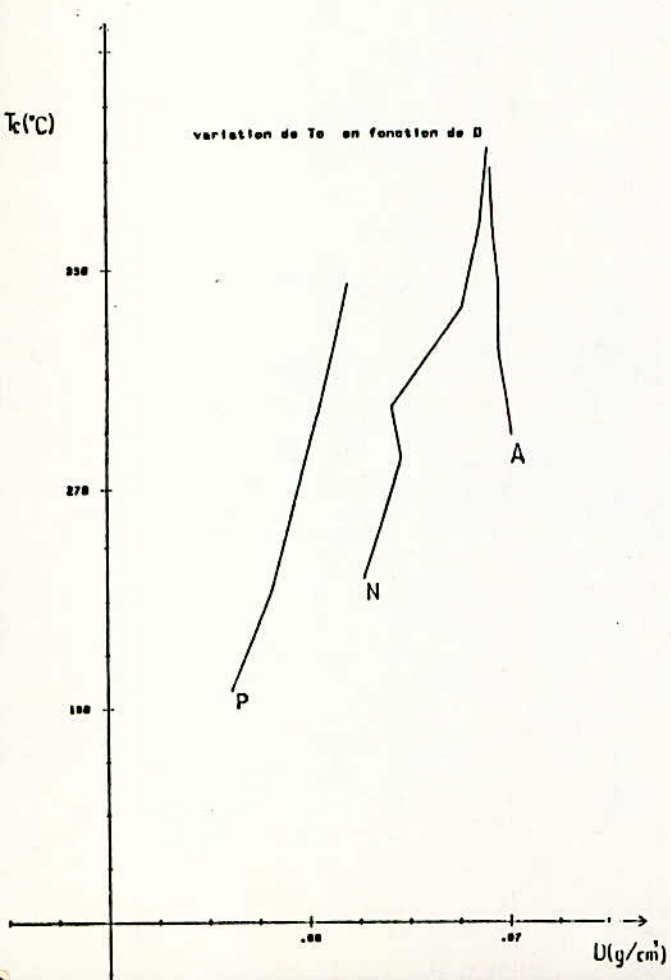
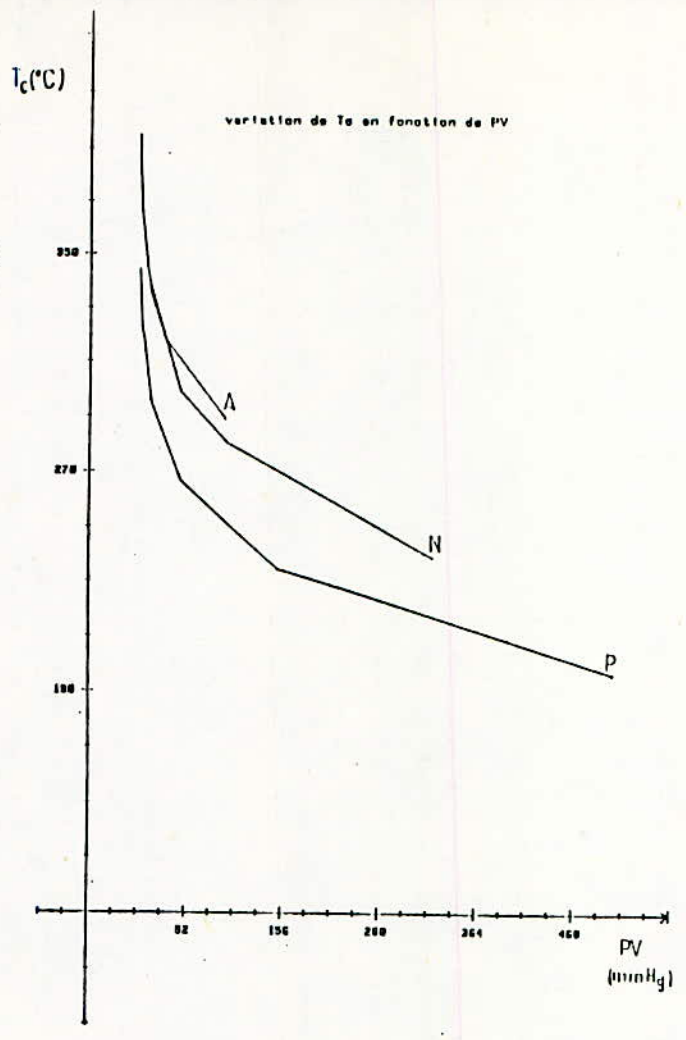
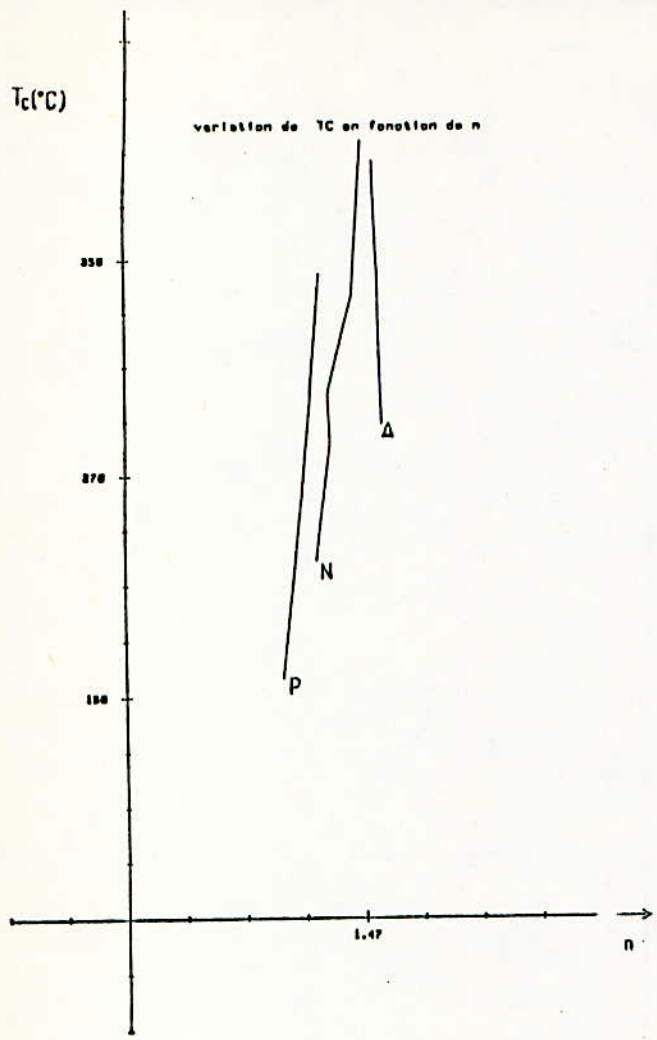
$P_c(\text{atm})$

variation de  $P_c$  en fonction de  $V_c$







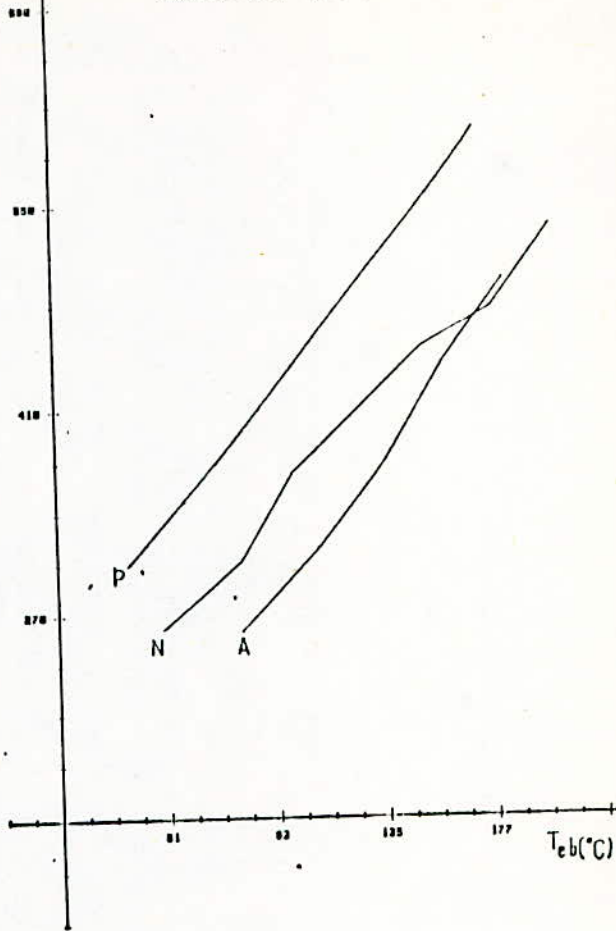
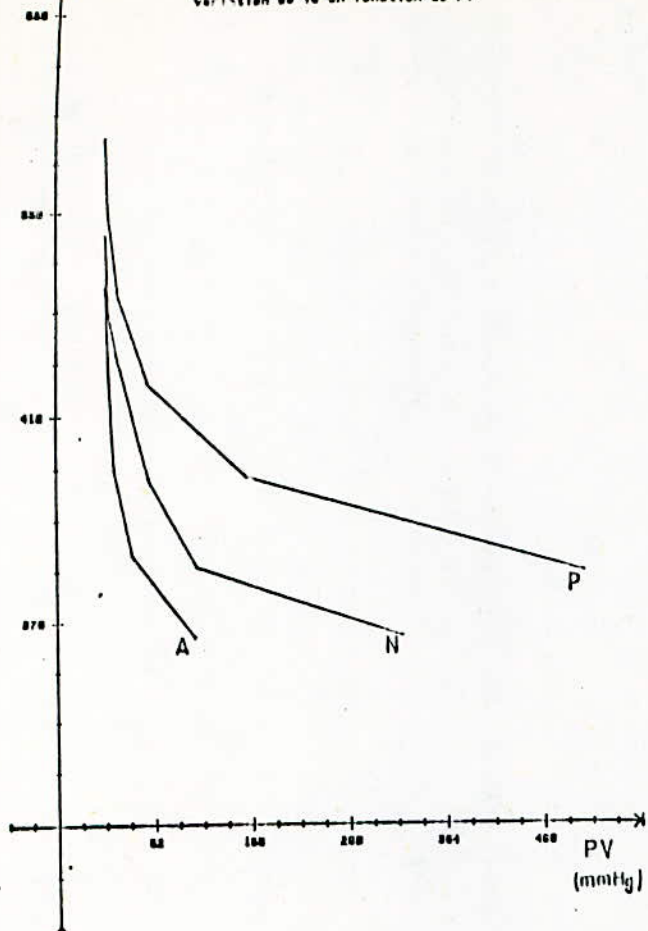


$V_c$  (cm<sup>3</sup>/mole)

variation de  $V_c$  en fonction de PV

$V_c$  (cm<sup>3</sup>/mole)

variation de  $V_c$  en fonction de  $T_{eb}$

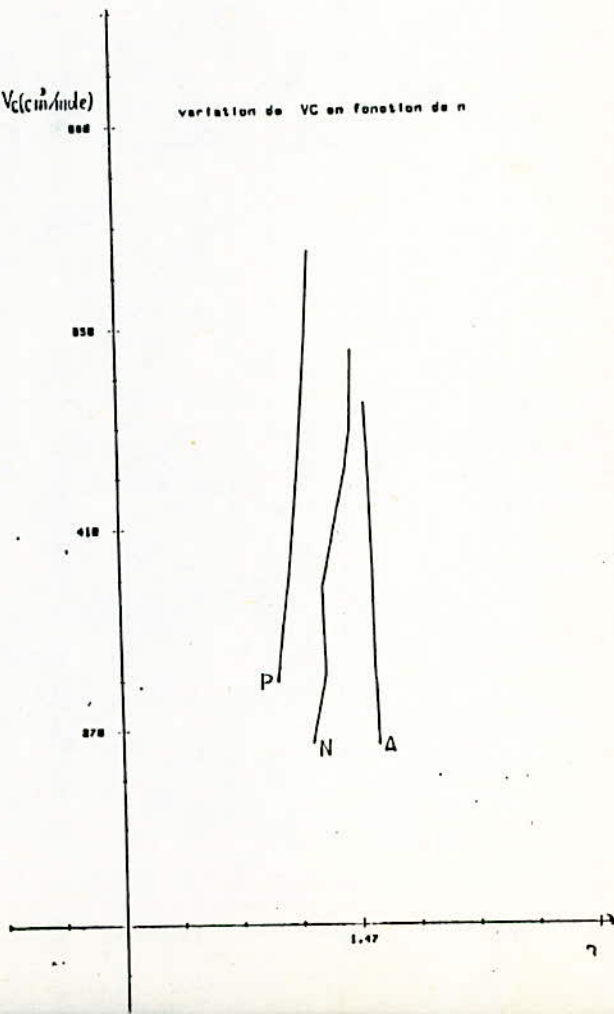
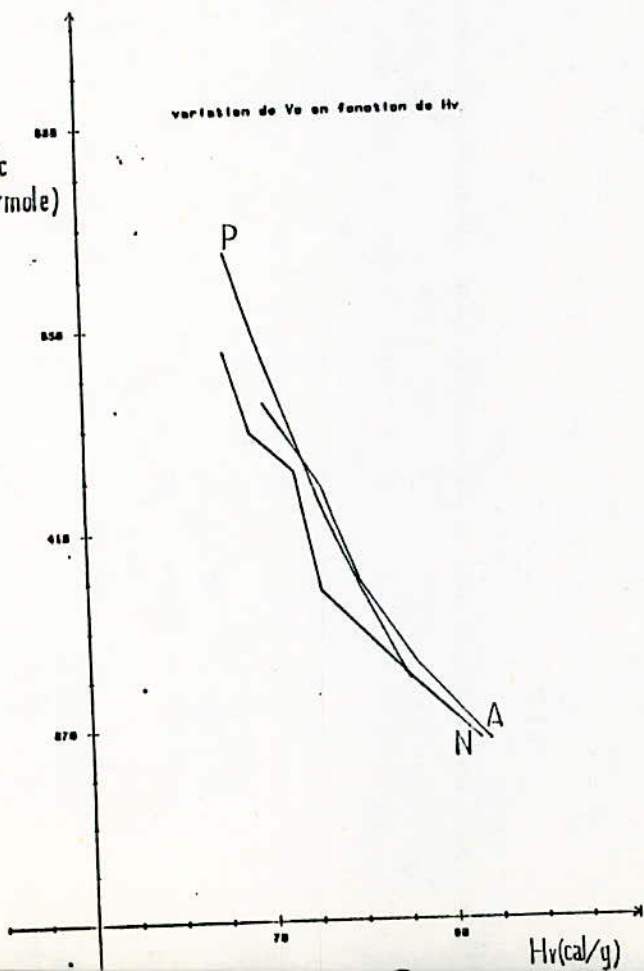


$V_c$   
(cm<sup>3</sup>/mole)

variation de  $V_c$  en fonction de Hv

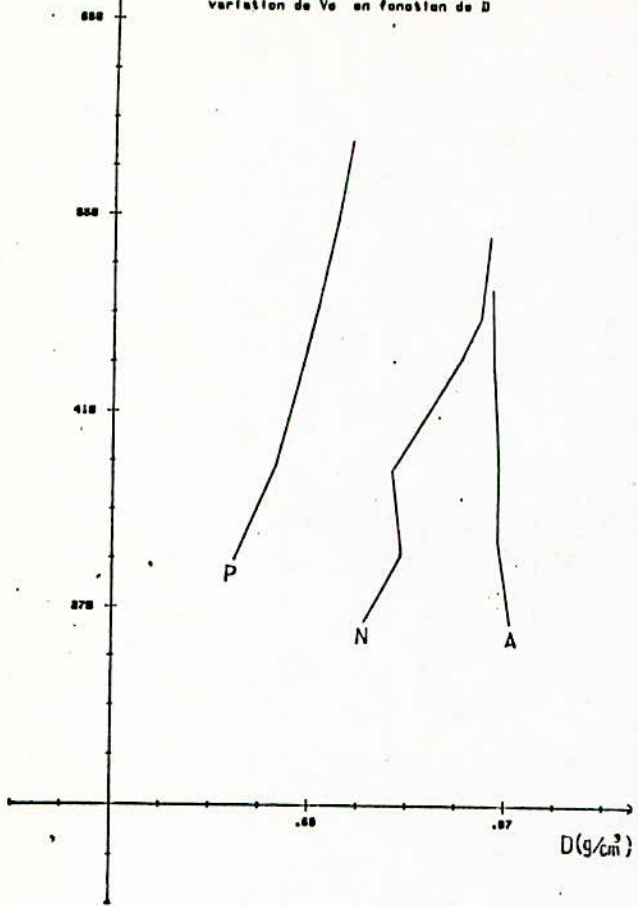
$V_c$  (cm<sup>3</sup>/mole)

variation de  $V_c$  en fonction de n



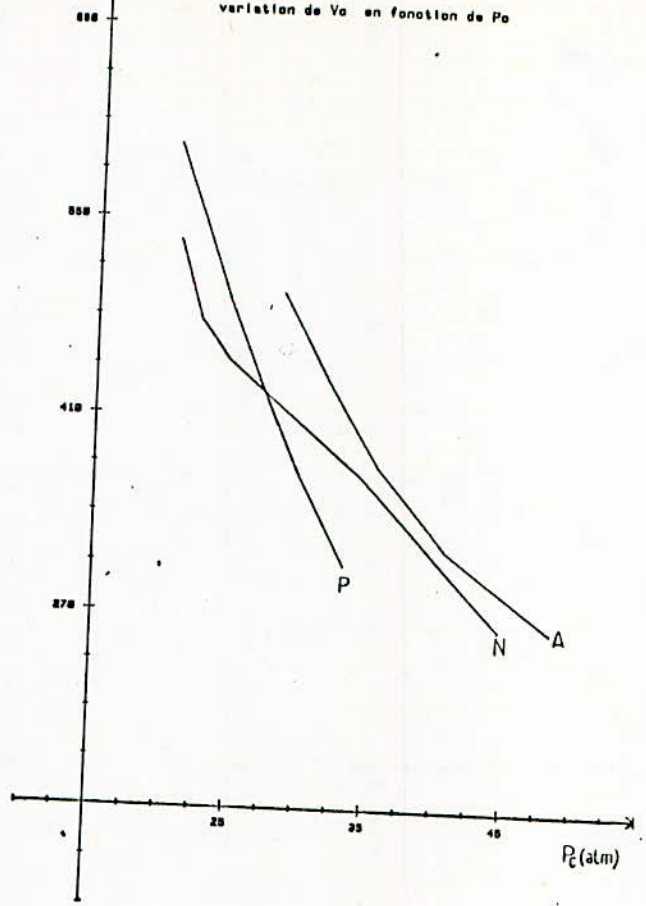
$V_c(\text{cm}^3/\text{mole})$

variation de  $V_c$  en fonction de  $D$



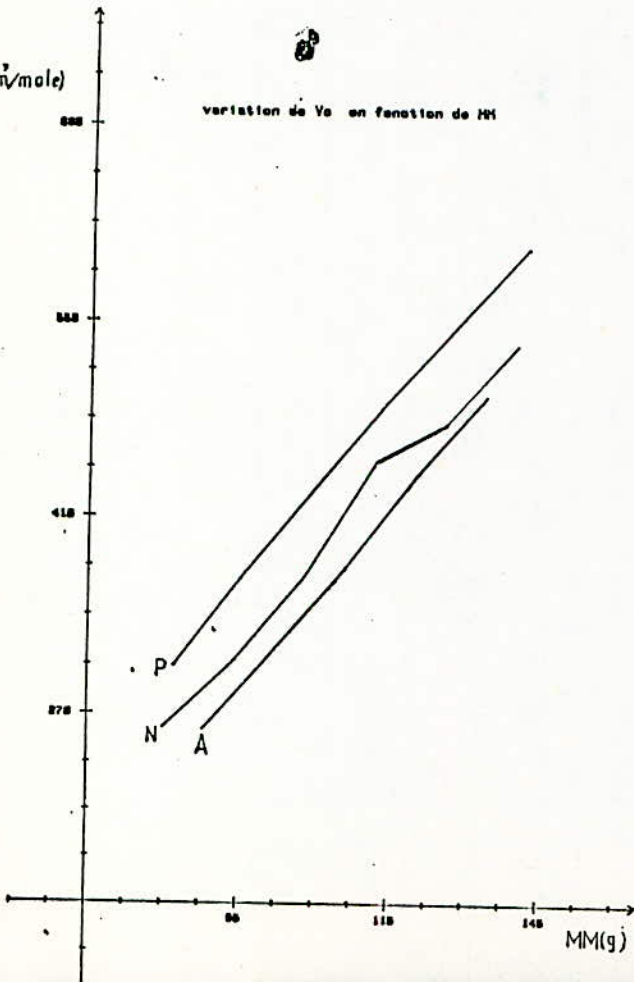
$V_c(\text{cm}^3/\text{mole})$

variation de  $V_c$  en fonction de  $P_c$



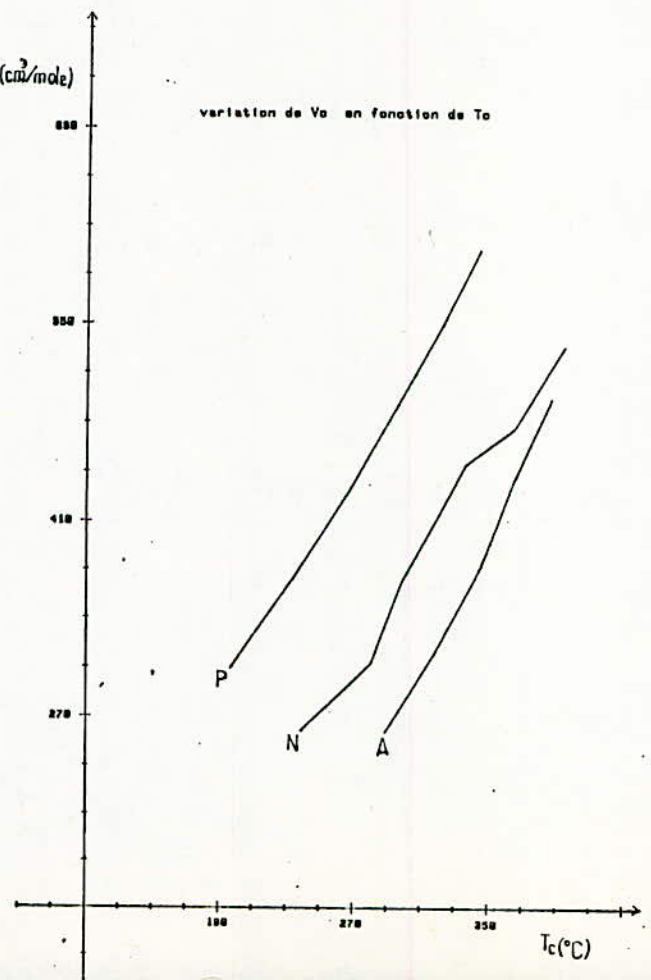
$V_c(\text{cm}^3/\text{mole})$

variation de  $V_c$  en fonction de  $M_M$



$V_c(\text{cm}^3/\text{mole})$

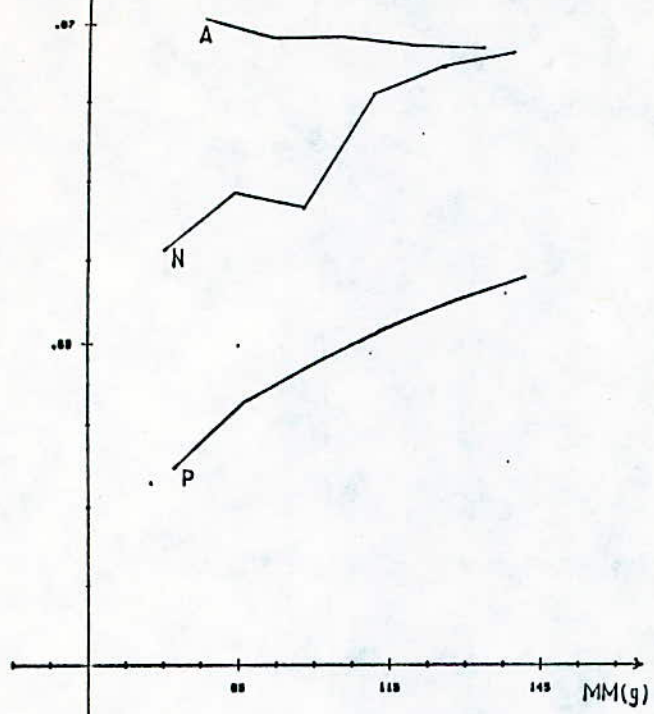
variation de  $V_c$  en fonction de  $T_c$





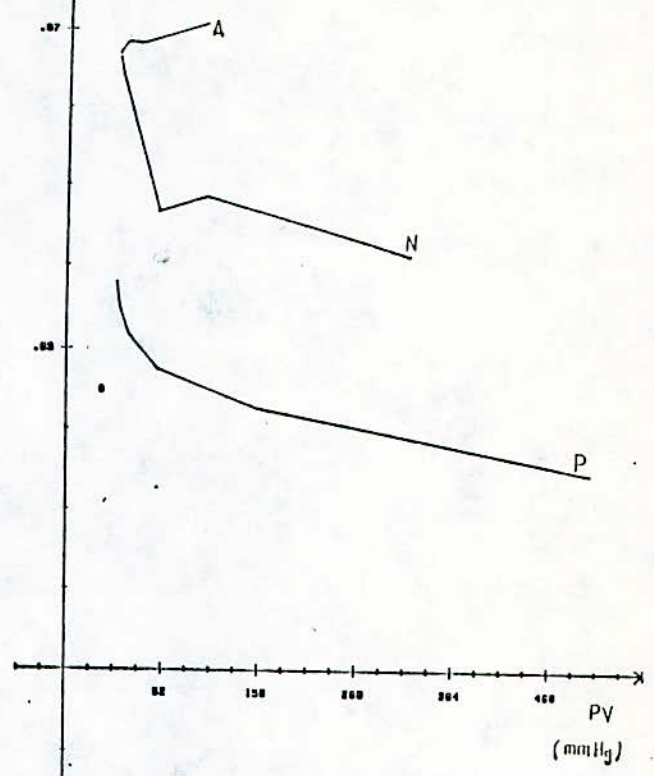
$D(g/cm^3)$

variation de D en fonction de MM



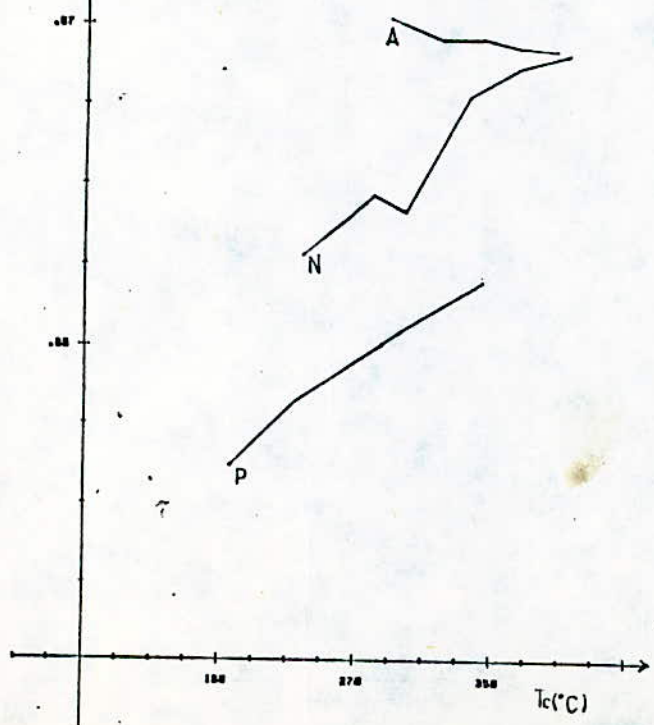
$D(g/cm^3)$

variation de D en fonction de PV



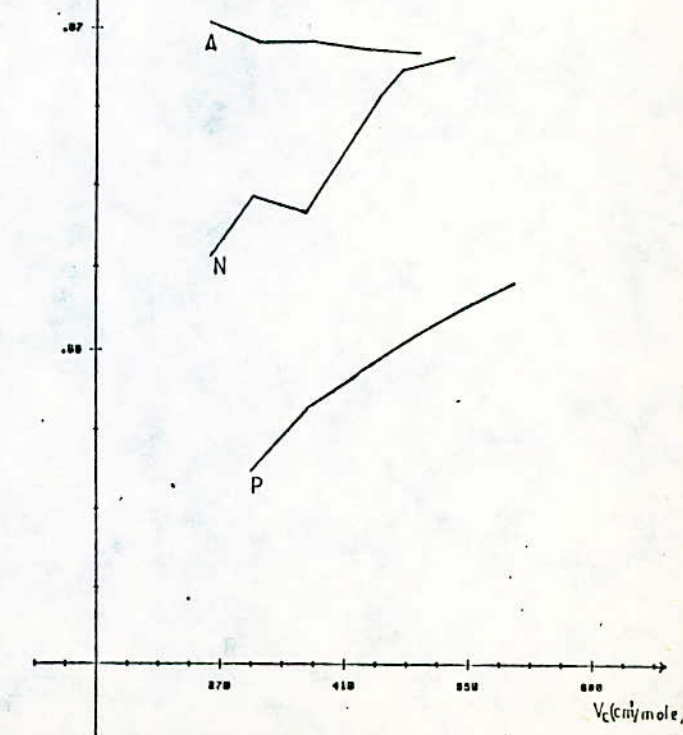
$D(g/cm^3)$

variation de D en fonction de Tc



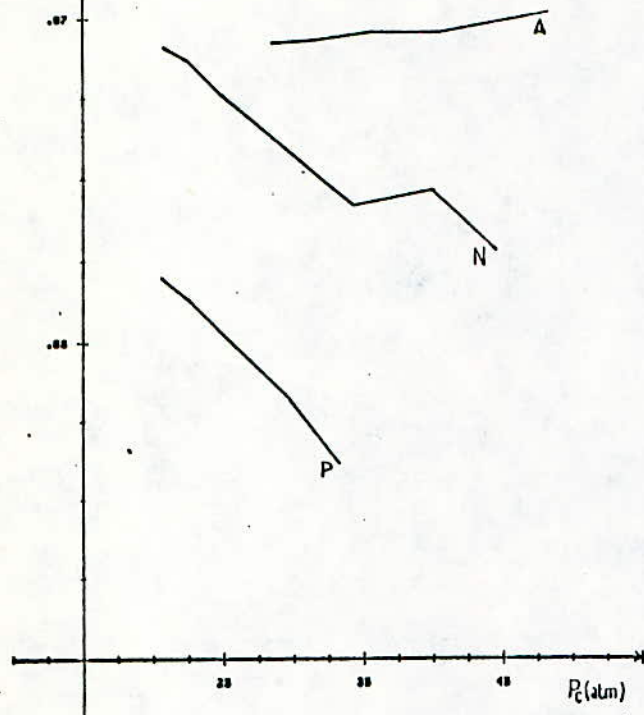
$D(g/cm^3)$

variation de D en fonction de Vc



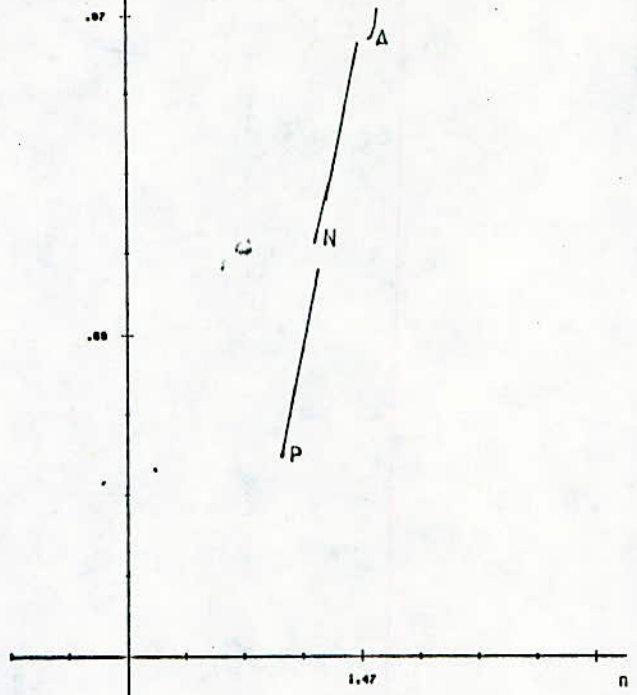
$D(g/cm^3)$

variation de D en fonction de  $P_c$



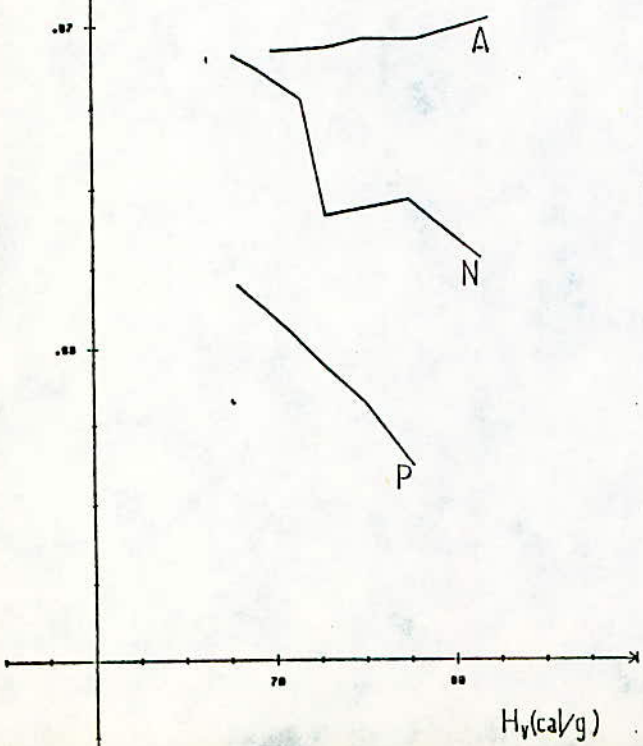
$D(g/cm^3)$

variation de D en fonction de n



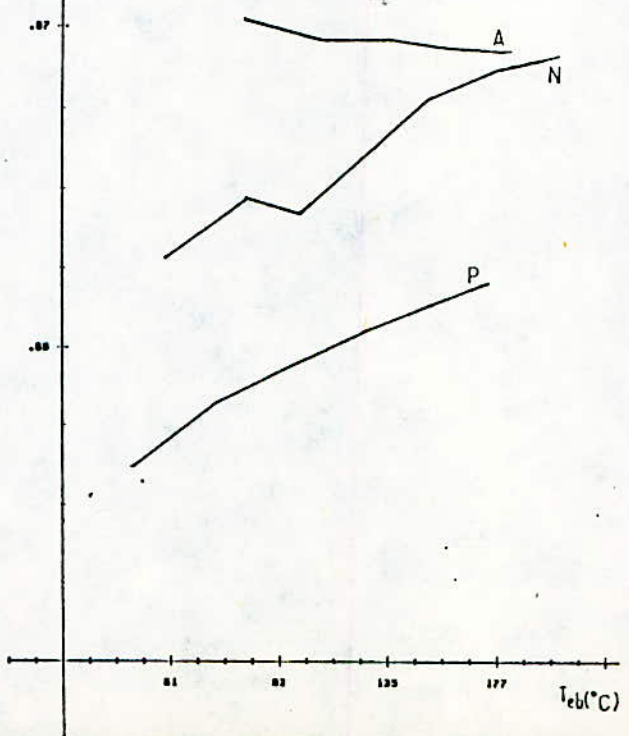
$D(g/cm^3)$

variation de D en fonction de  $H_v$



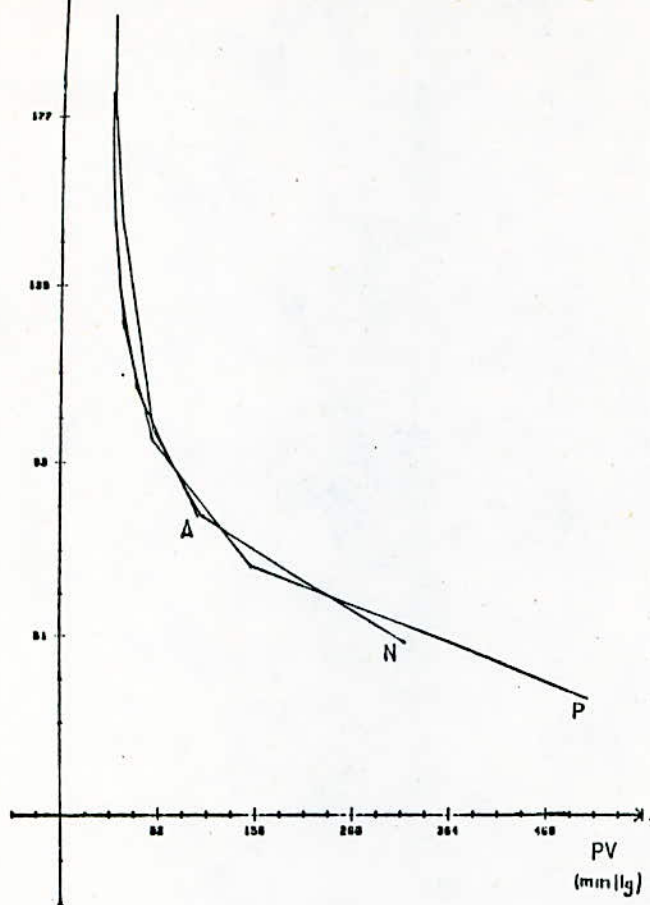
$D(g/cm^3)$

variation de D en fonction de  $T_{eb}$



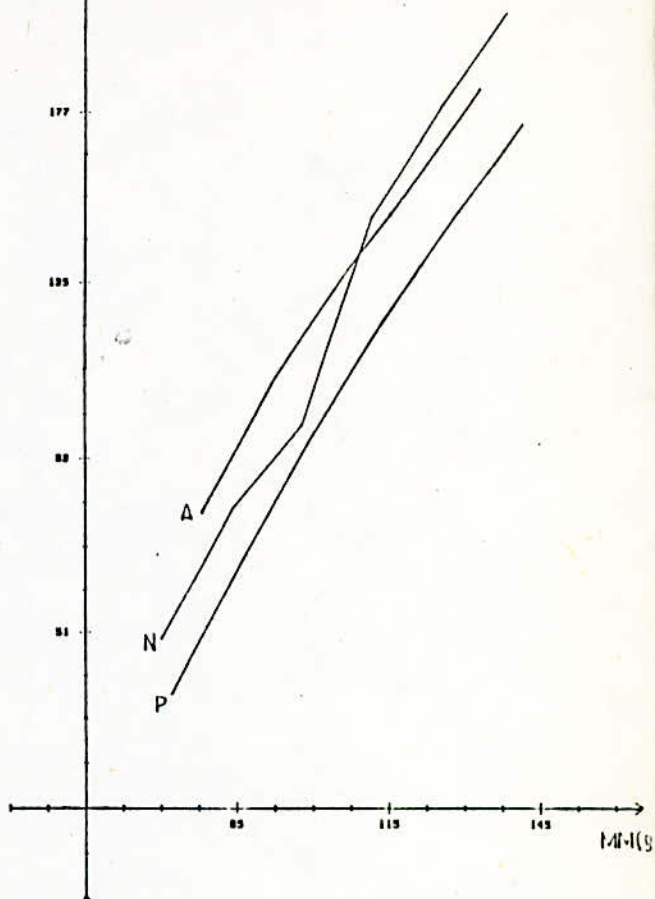
$T_{eb}(^{\circ}C)$

variation de  $T_{eb}$  en fonction de PV



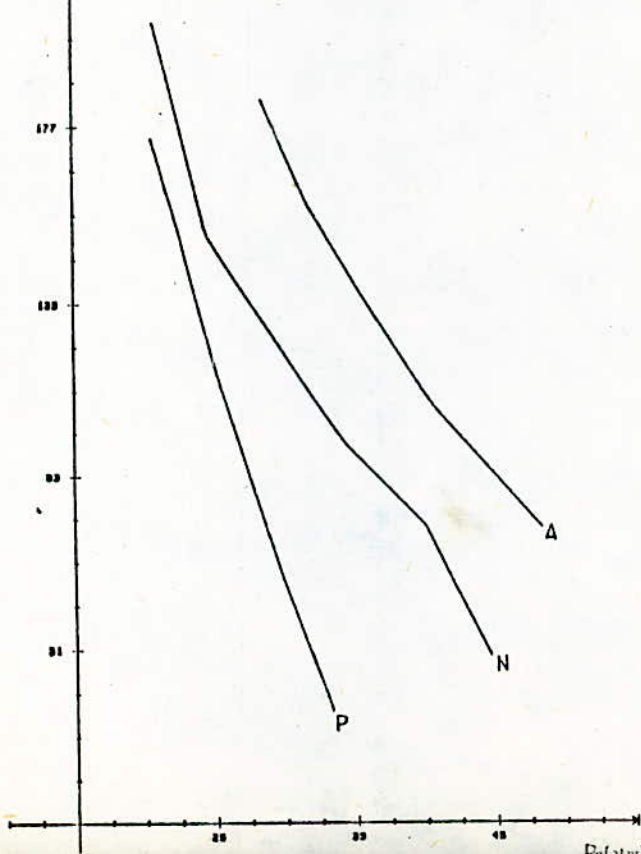
$T_{eb}(^{\circ}C)$

variation de  $T_{eb}$  en fonction de MI



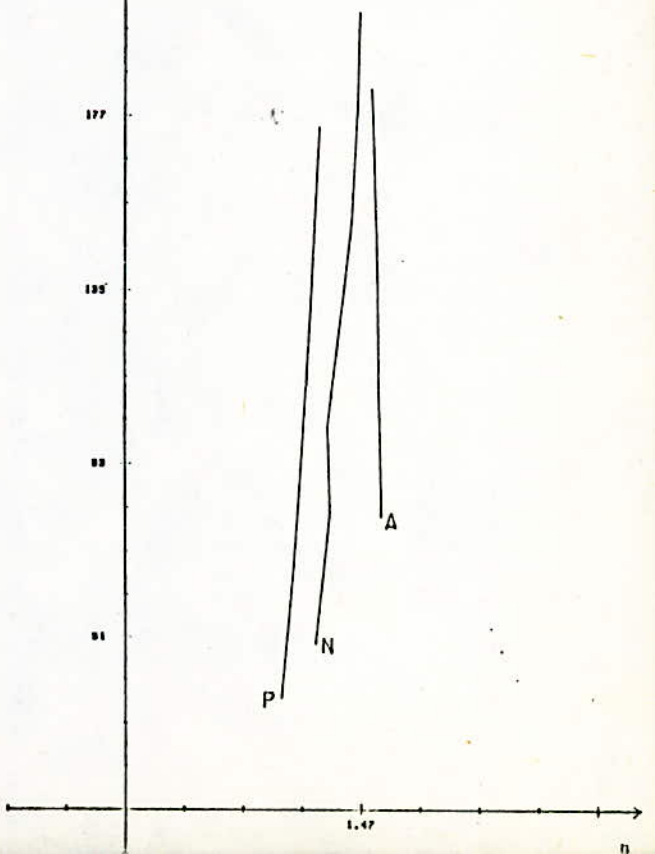
$T_{eb}(^{\circ}C)$

variation de  $T_{eb}$  en fonction de  $P_0$



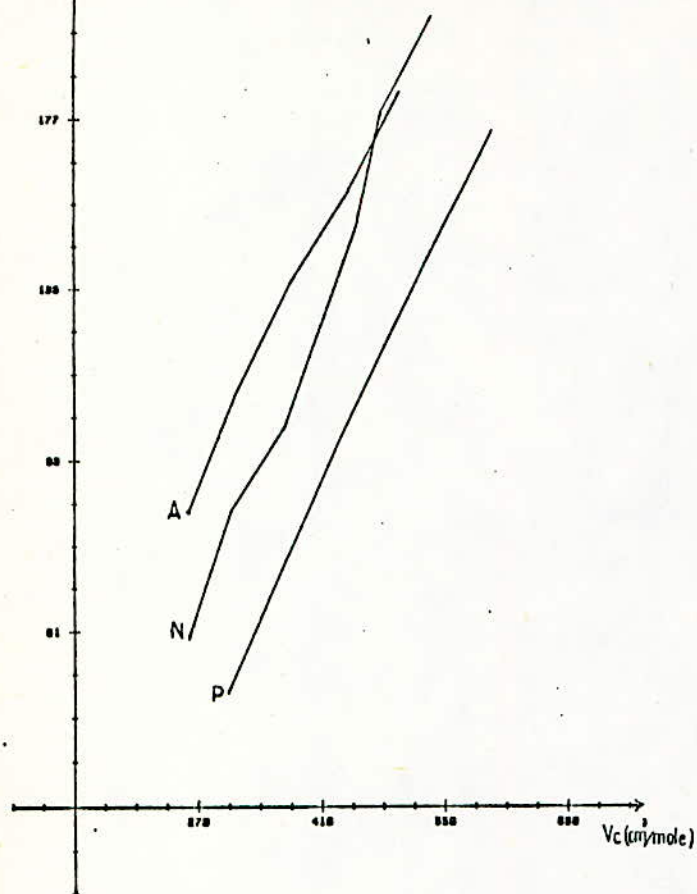
$T_{eb}(^{\circ}C)$

variation de  $T_{eb}$  en fonction de n



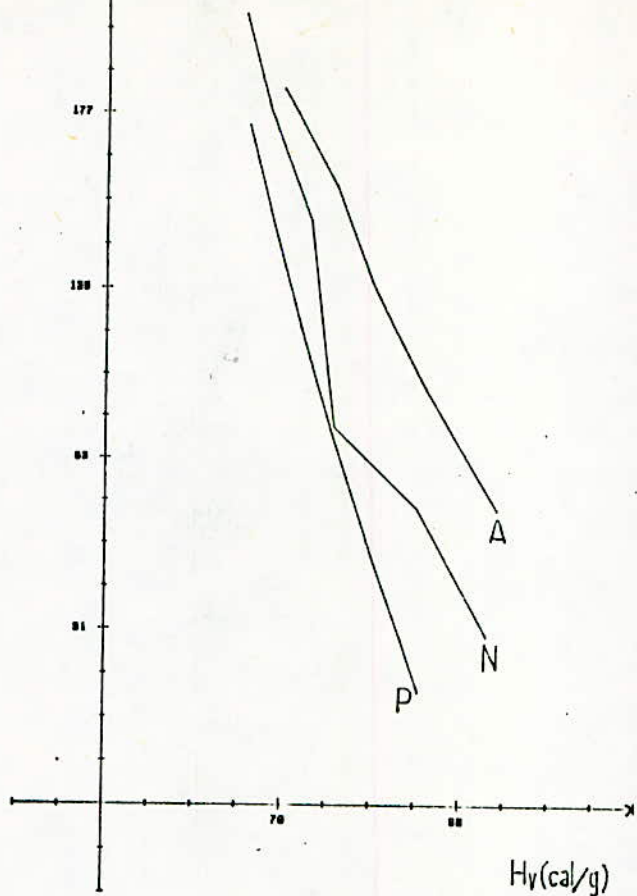
Teb(°C)

variation de Teb en fonction de Vc



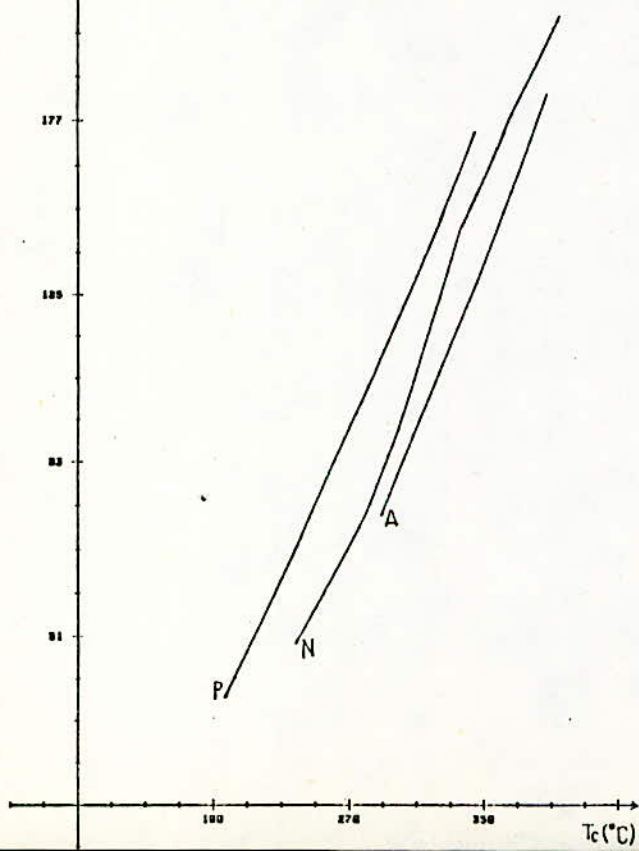
Teb(°C)

variation de Teb en fonction de Hv



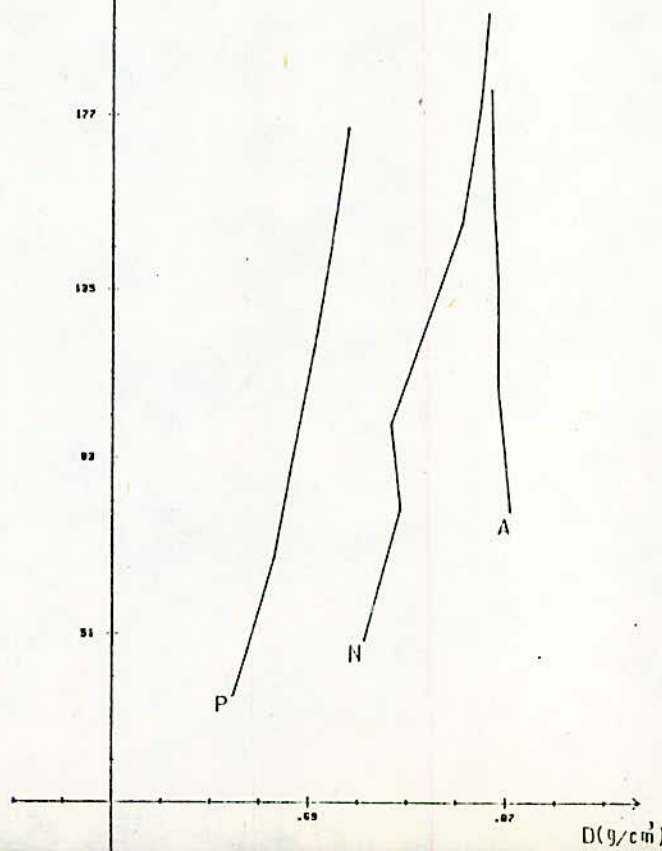
Teb(°C)

variation de Teb en fonction de Tc

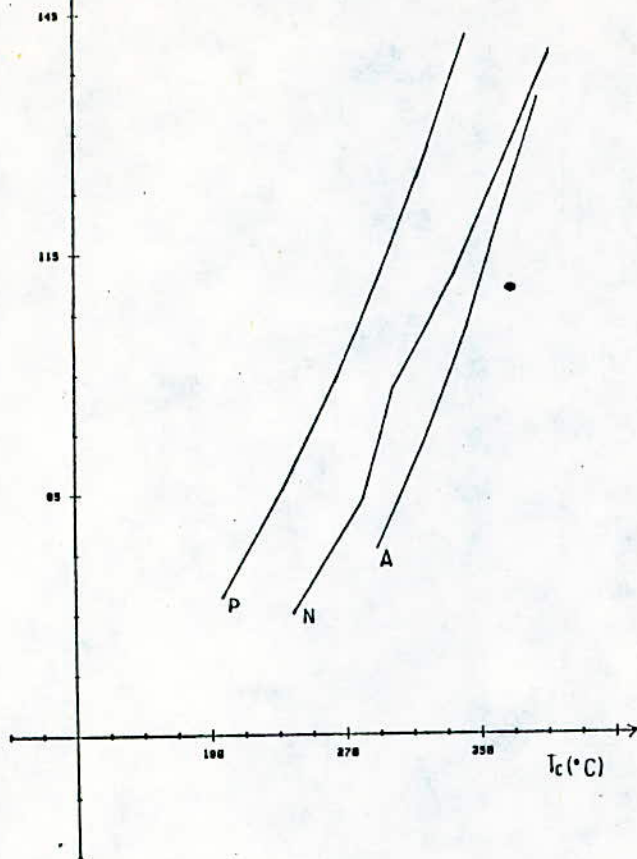


Teb(°C)

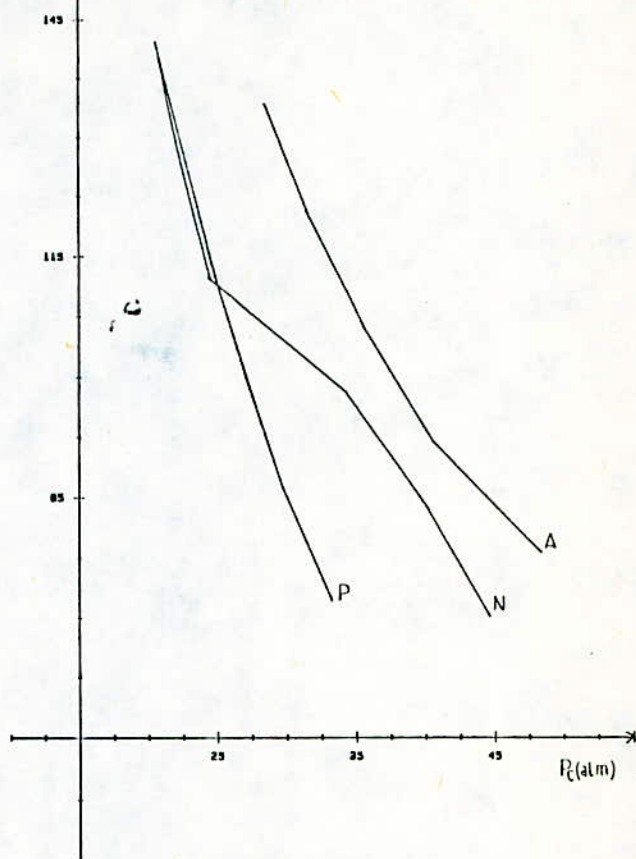
variation de Teb en fonction de D



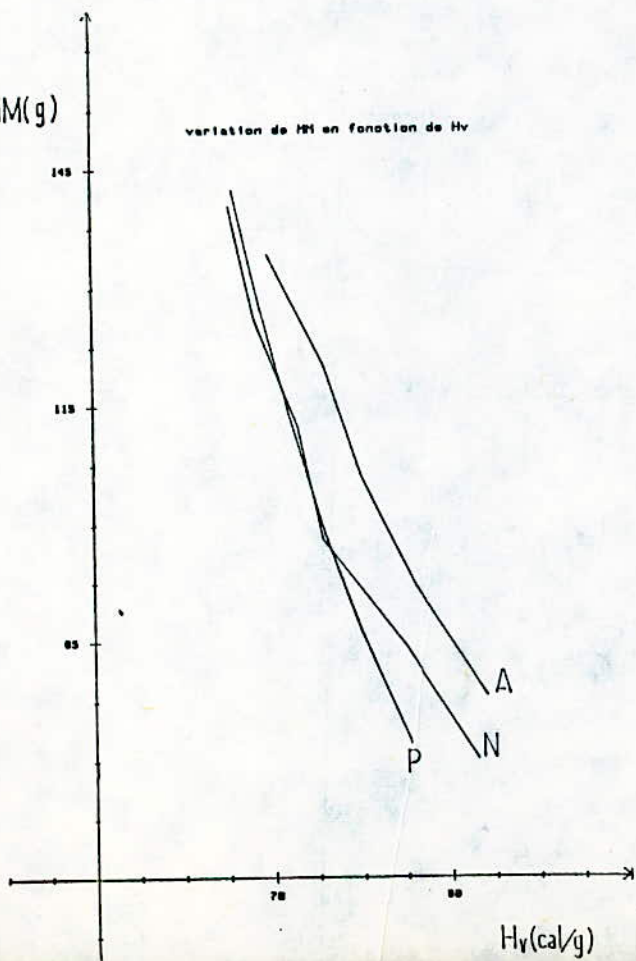
MM(g)

variation de MM en fonction de  $T_c$ 

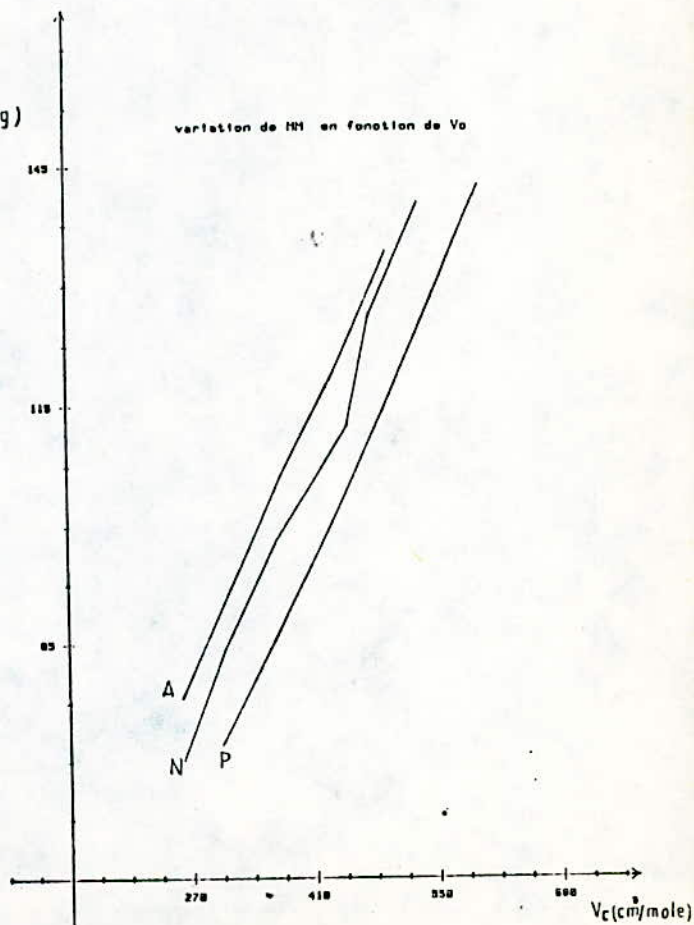
MM(g)

variation de MM en fonction de  $P_c$ 

MM(g)

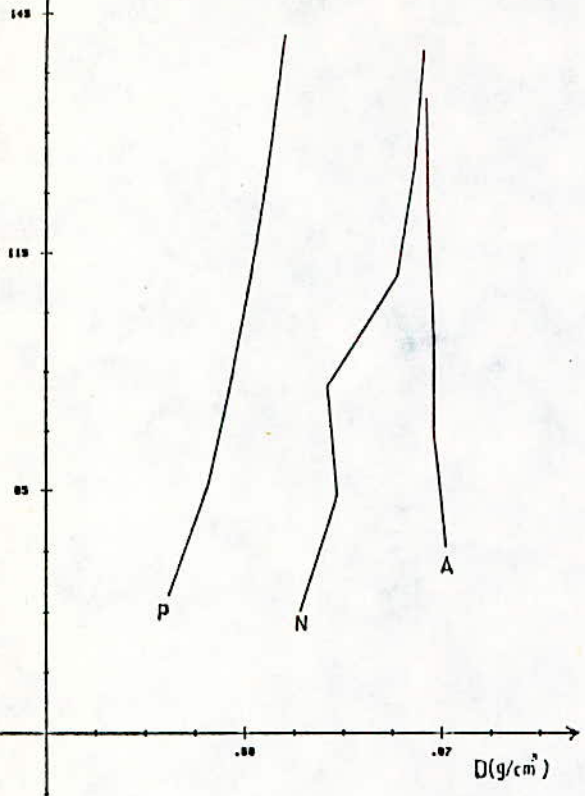
variation de MM en fonction de  $H_v$ 

MM(g)

variation de MM en fonction de  $V_c$ 

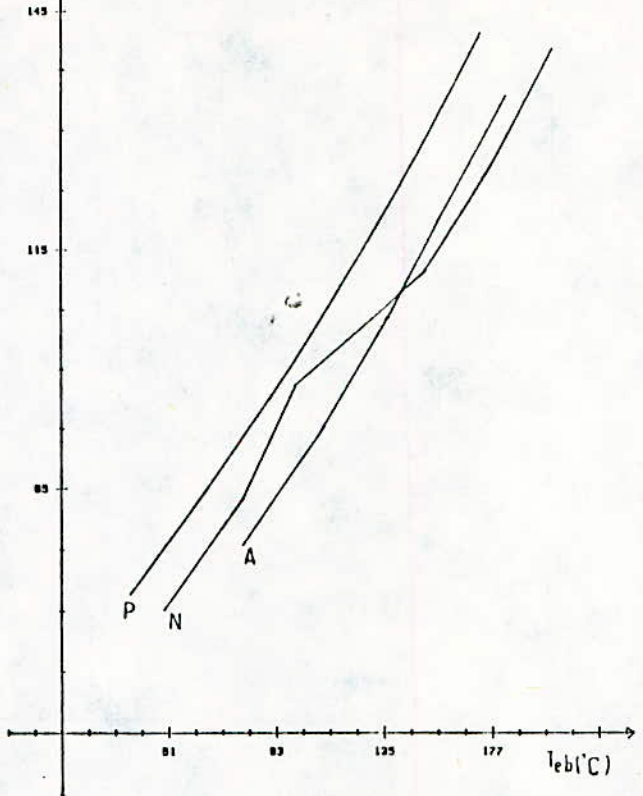
MM(g)

variation de MM en fonction de D



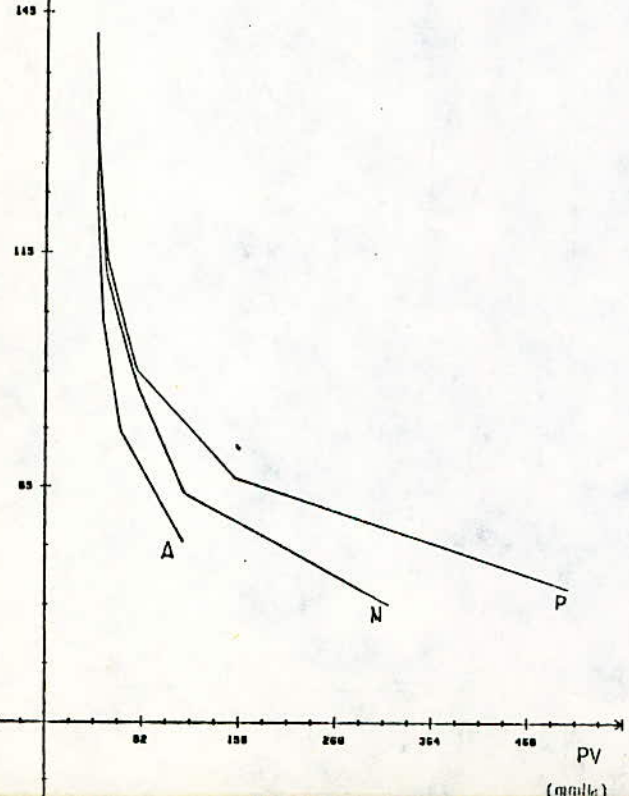
MM(g)

variation de MM en fonction de T<sub>eb</sub>



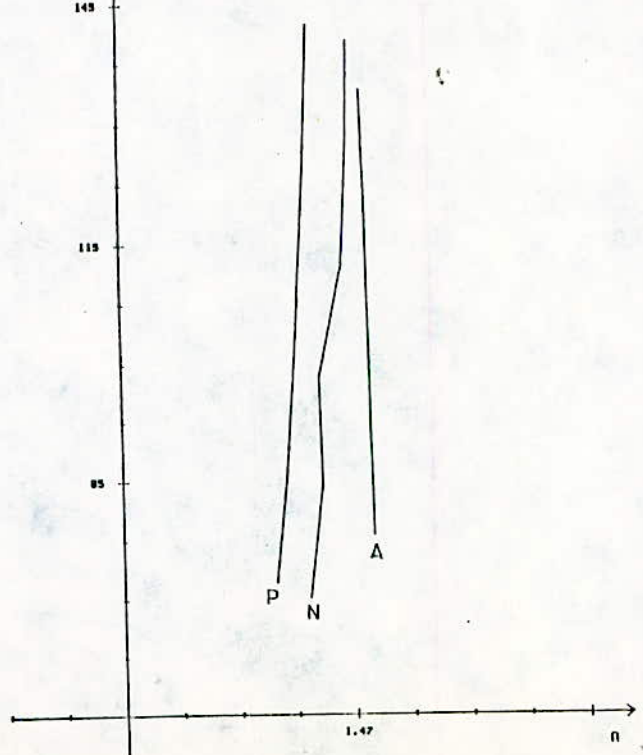
MM(g)

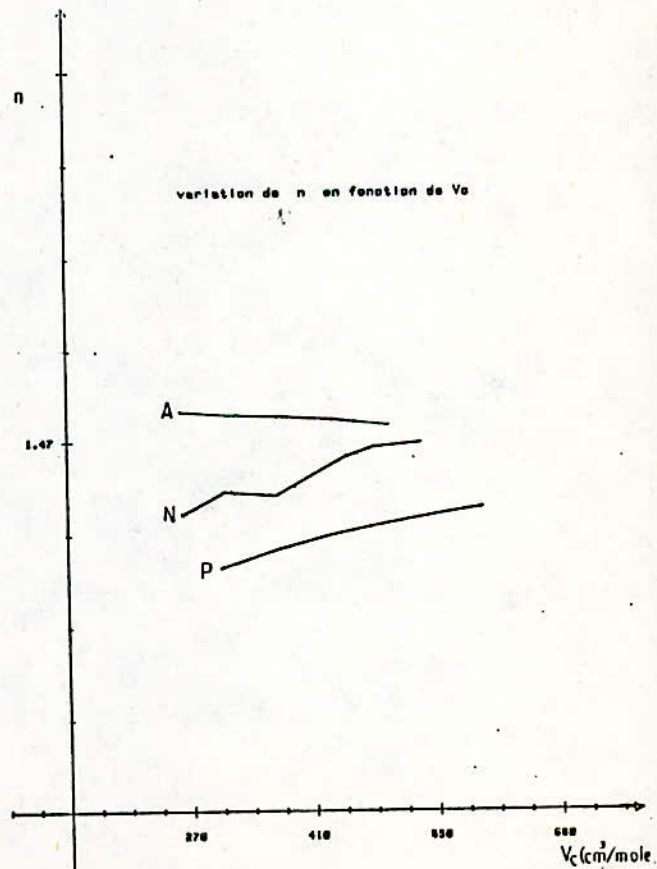
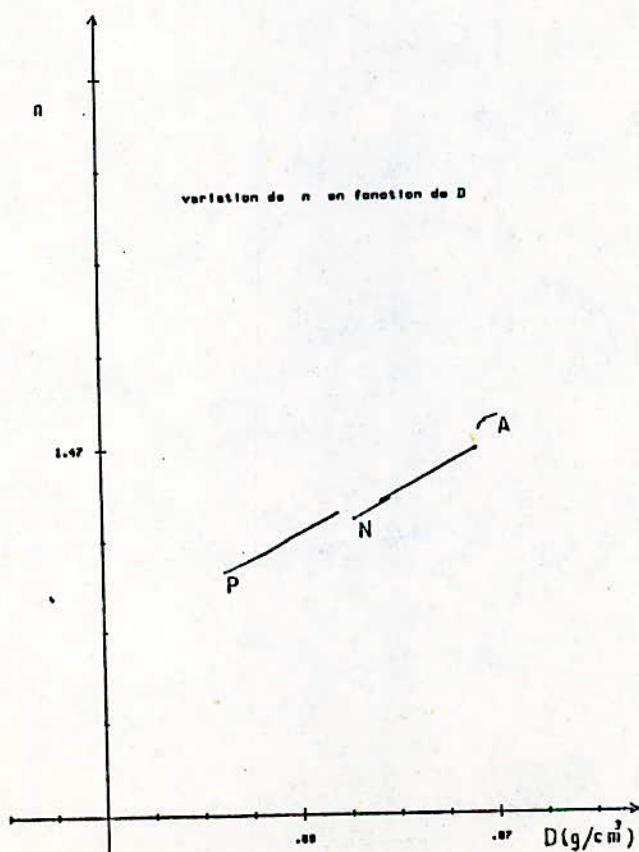
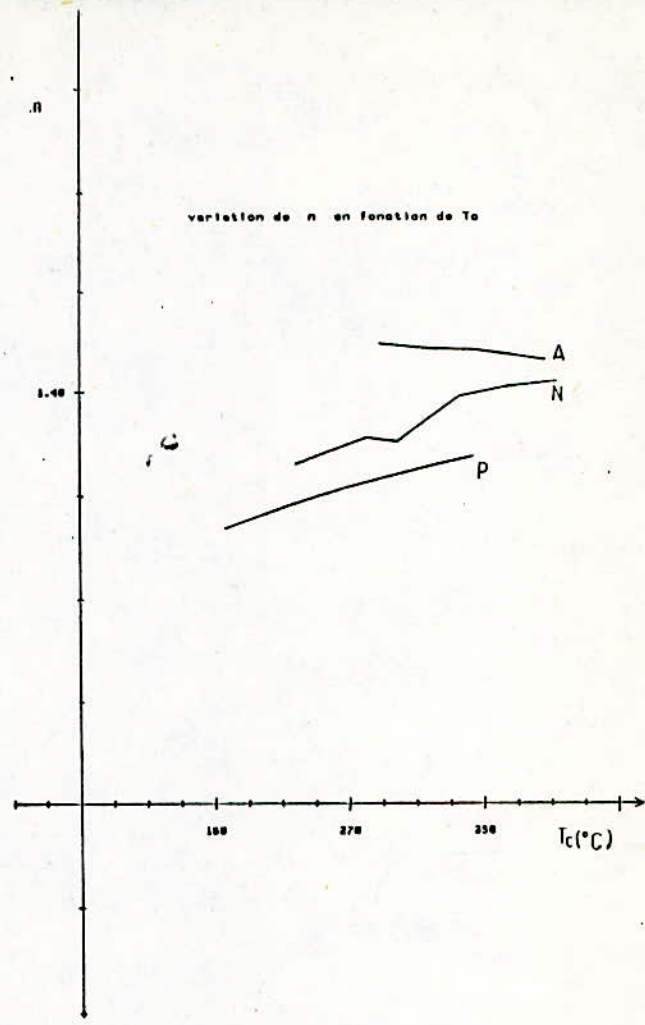
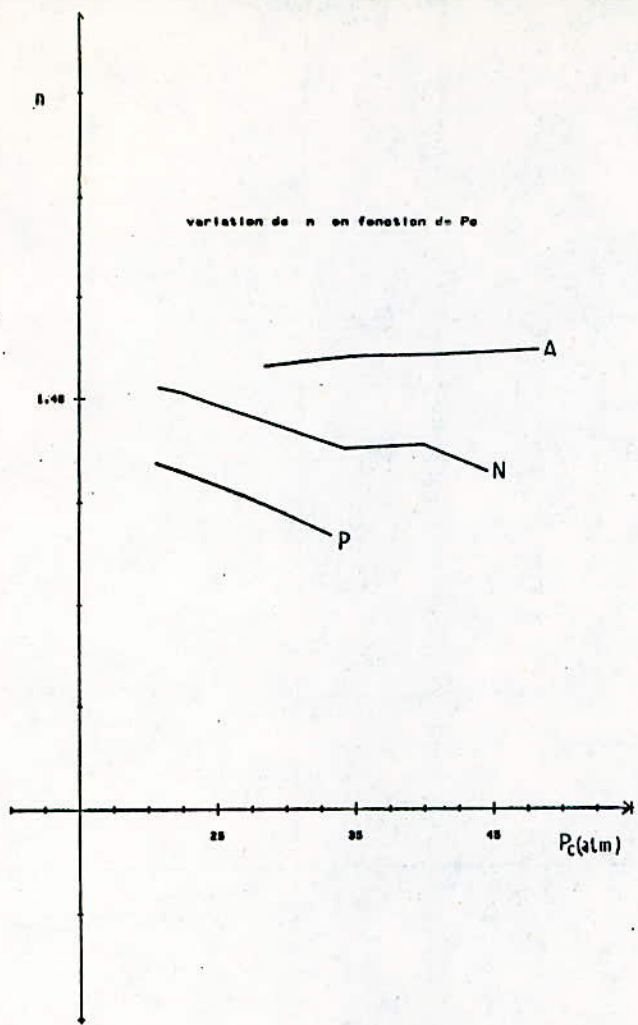
variation de MM en fonction de PV

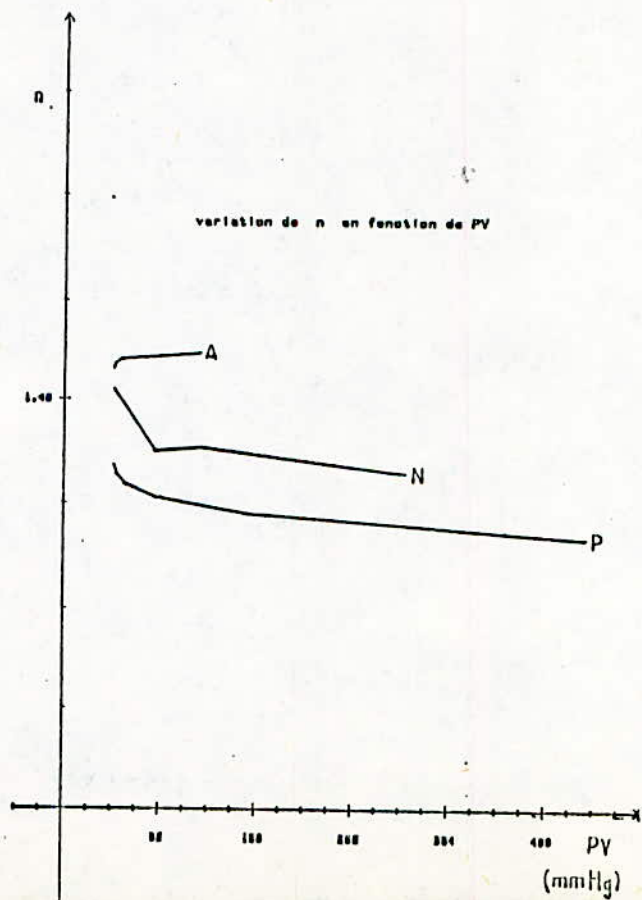
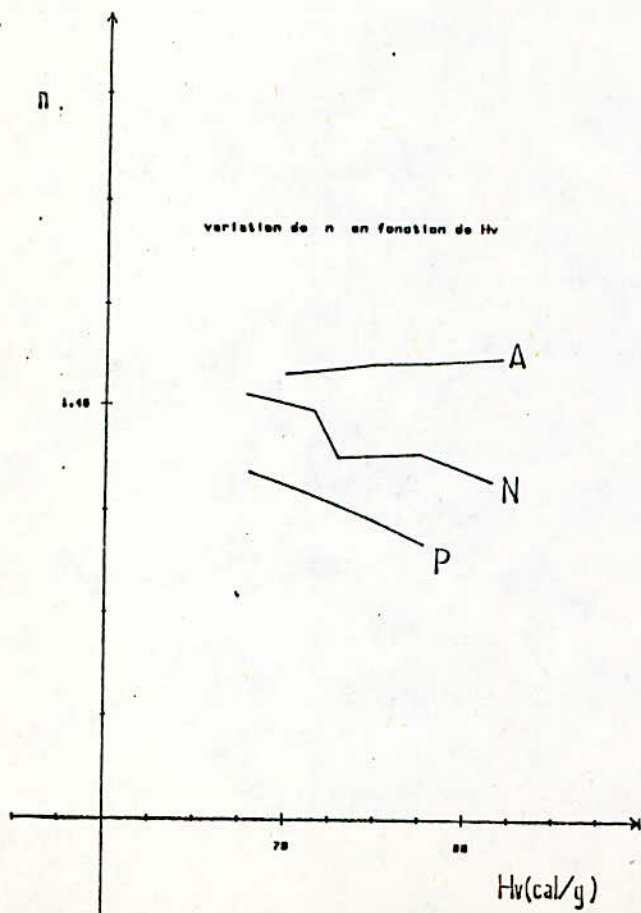
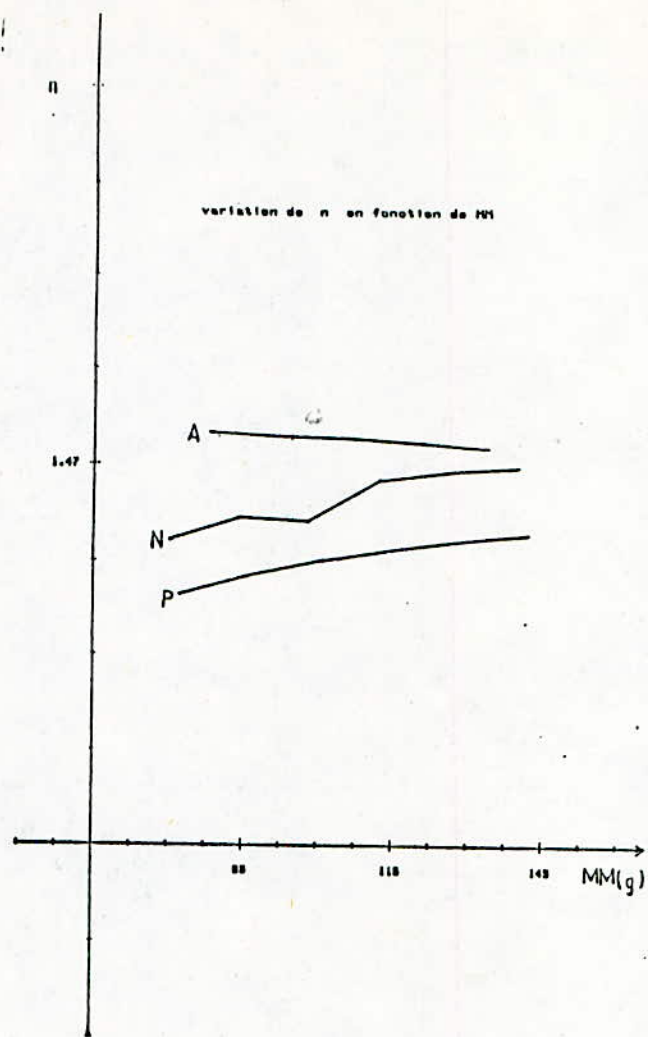
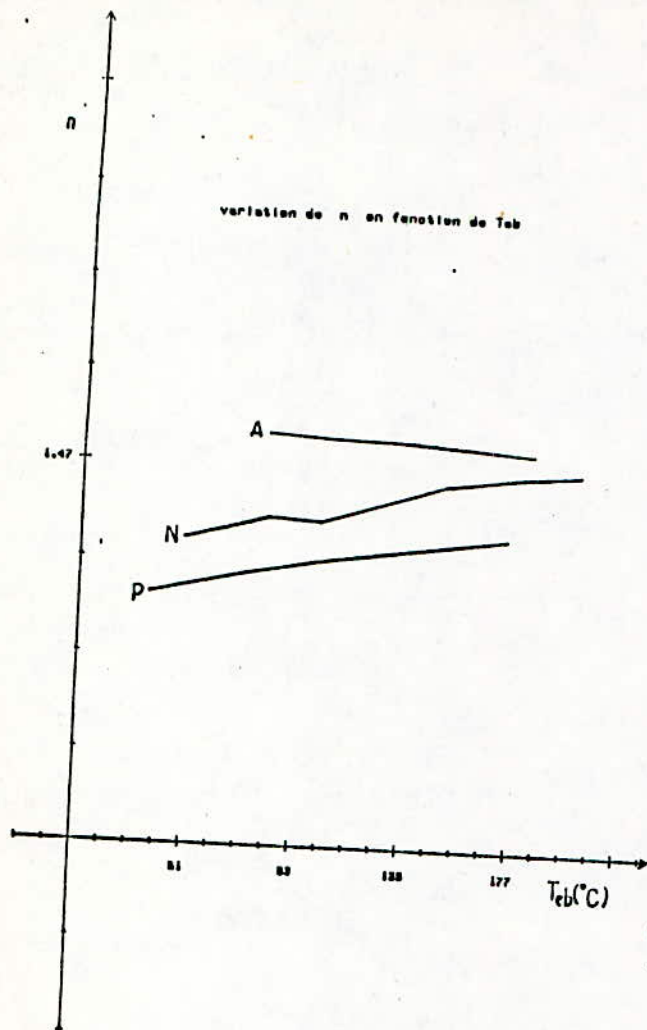


MM(g)

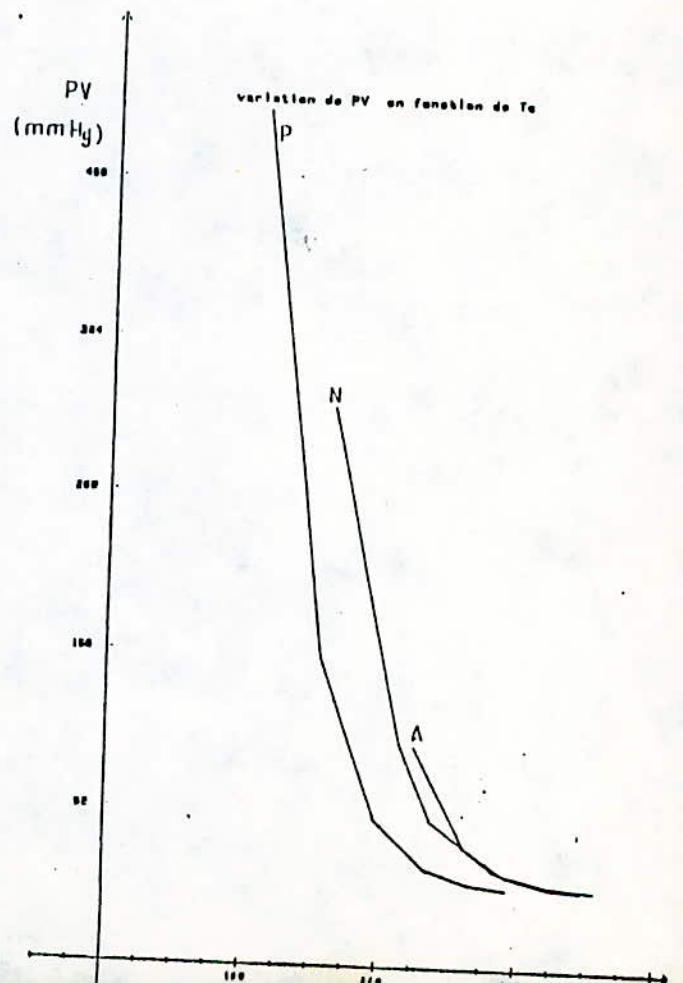
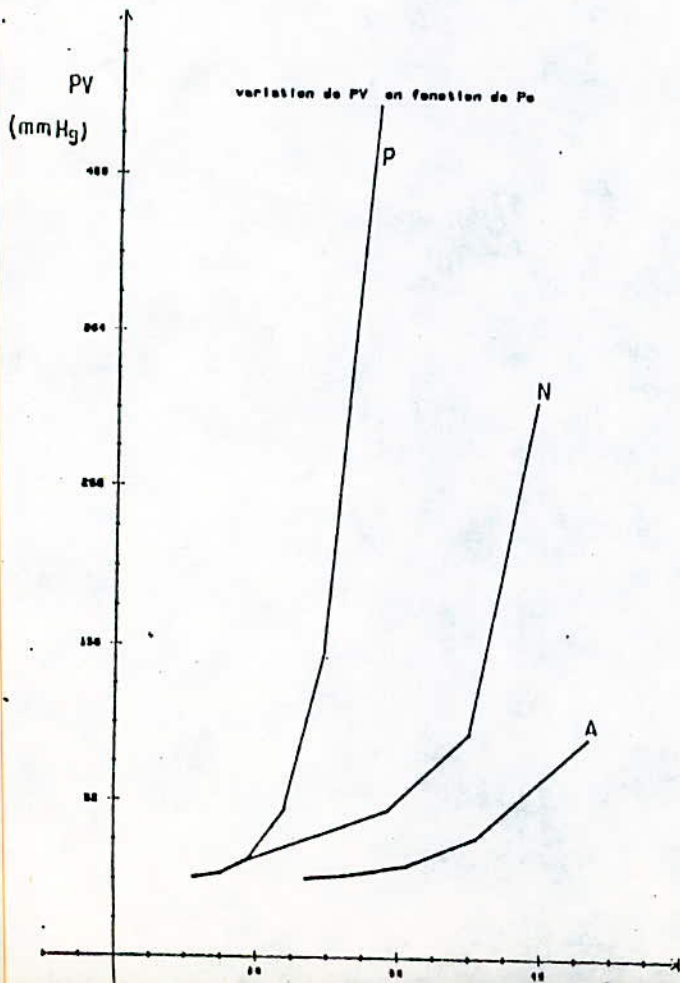
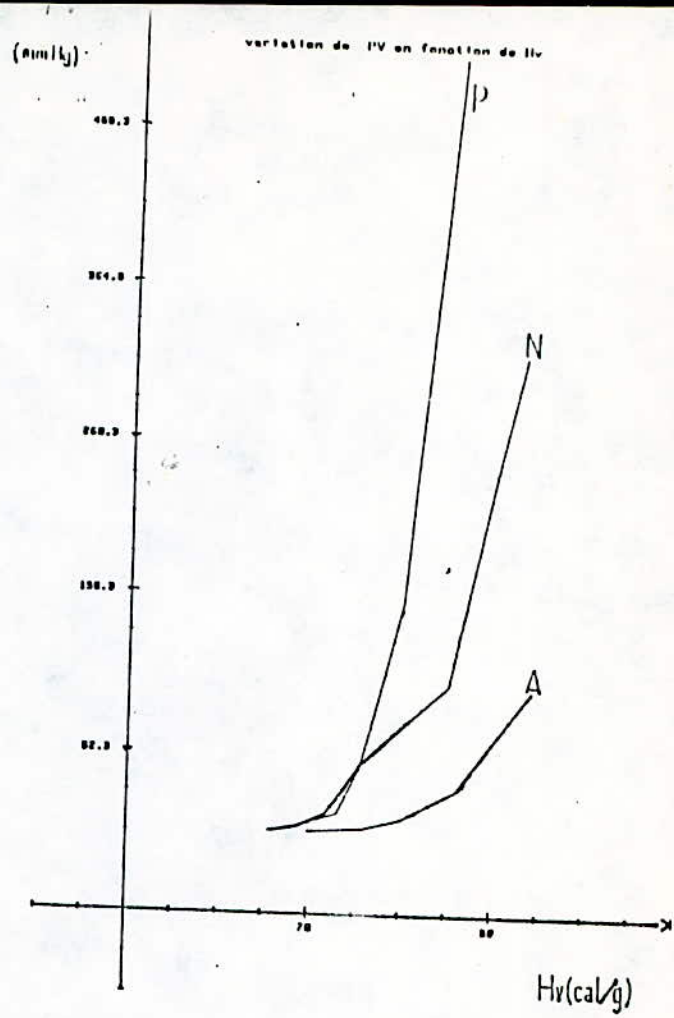
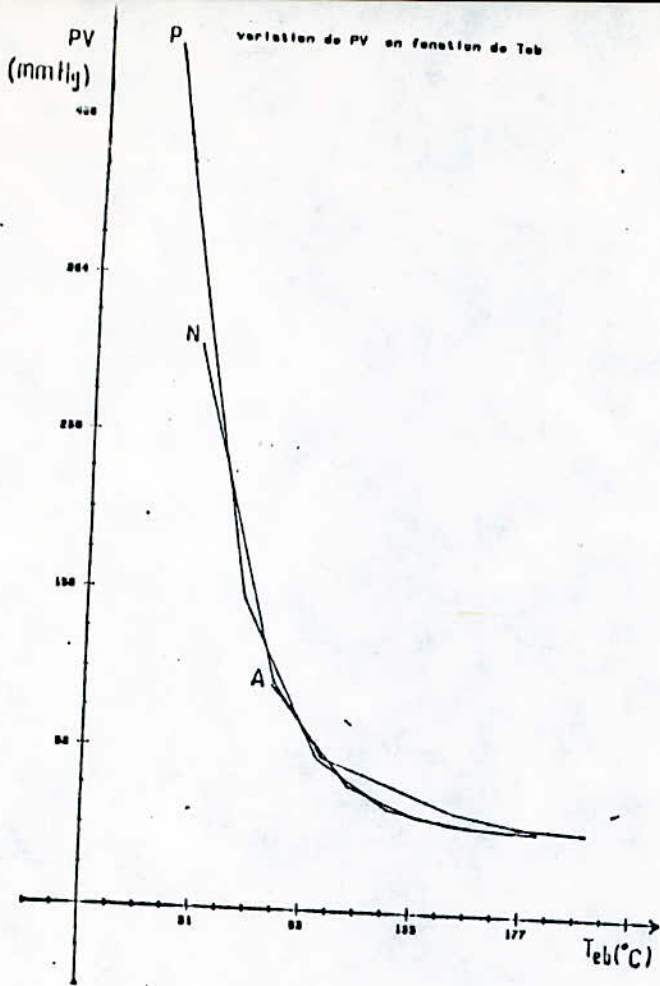
variation de MM en fonction de n

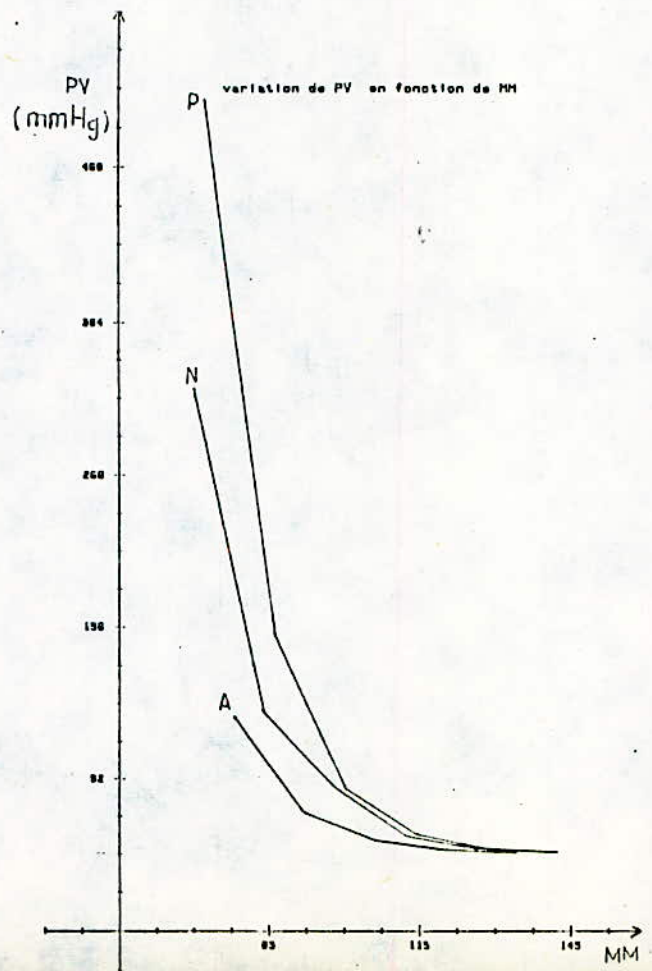
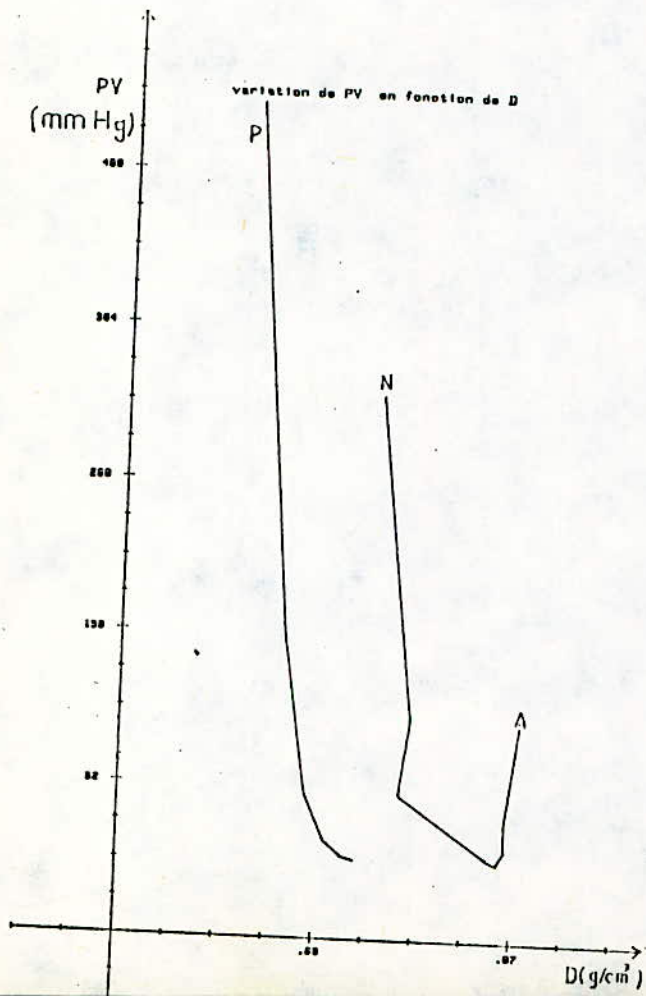
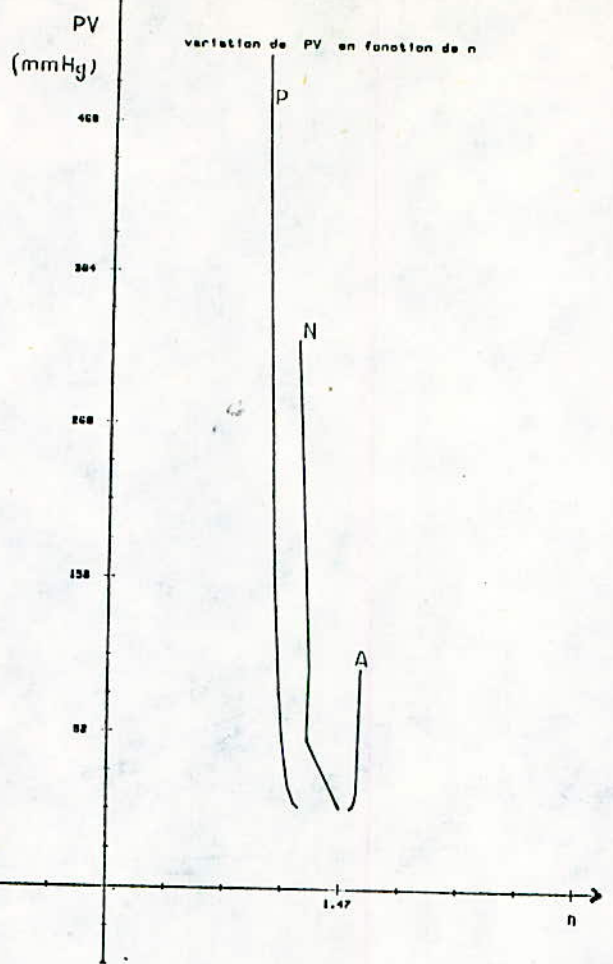
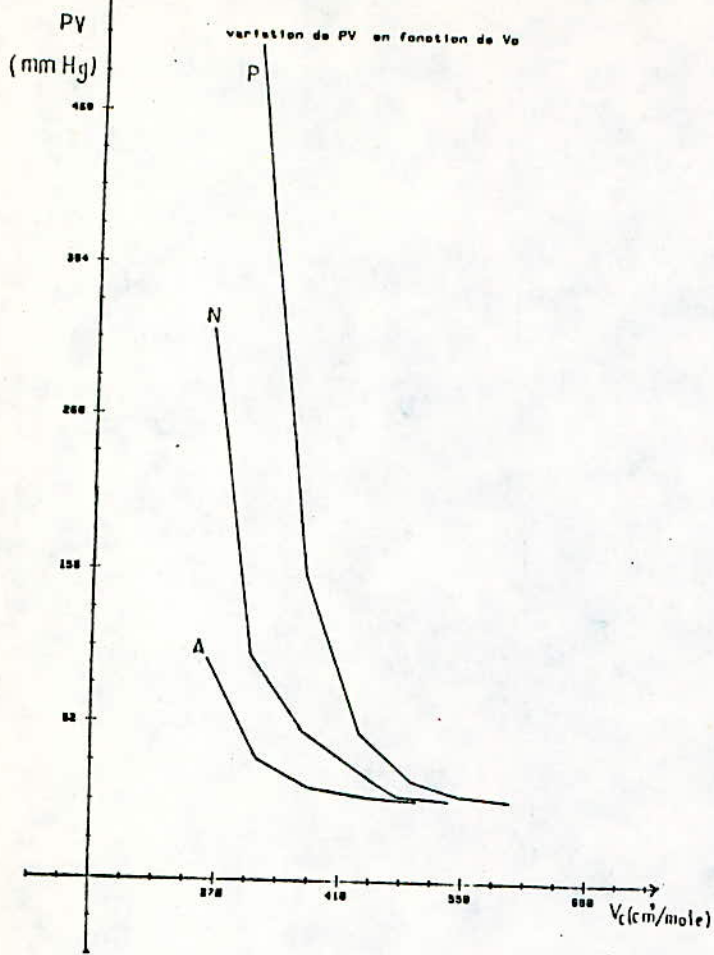






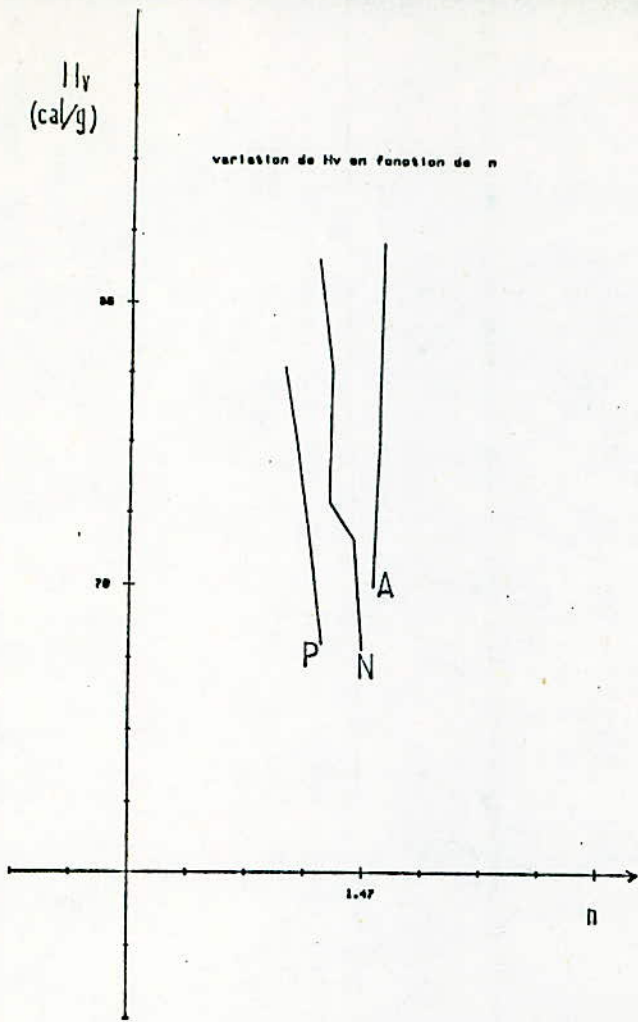






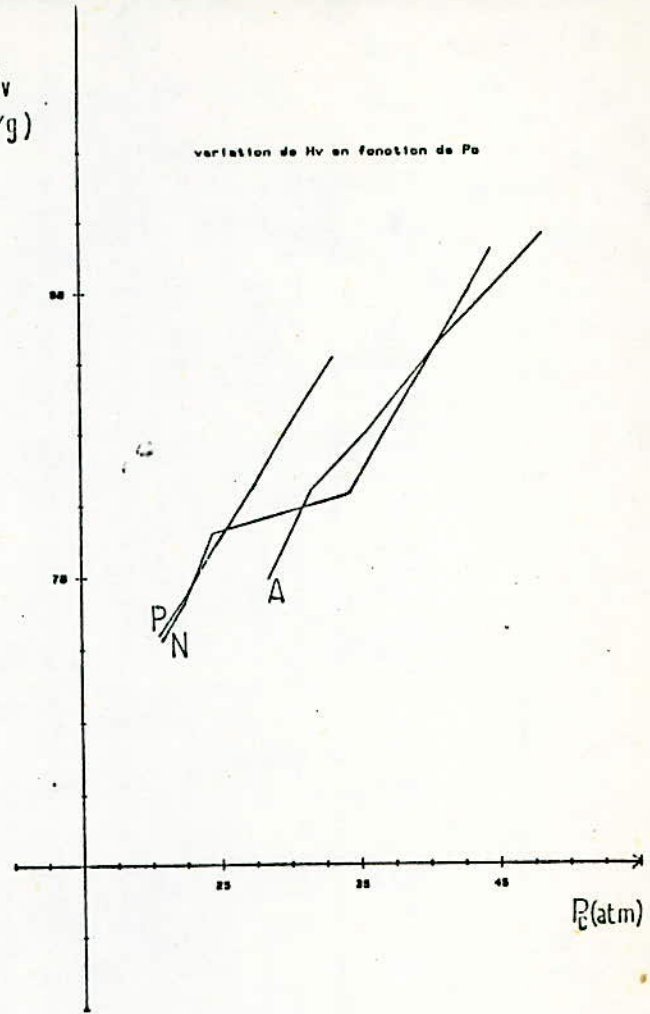
$H_V$   
(cal/g)

variation de  $H_V$  en fonction de  $n$



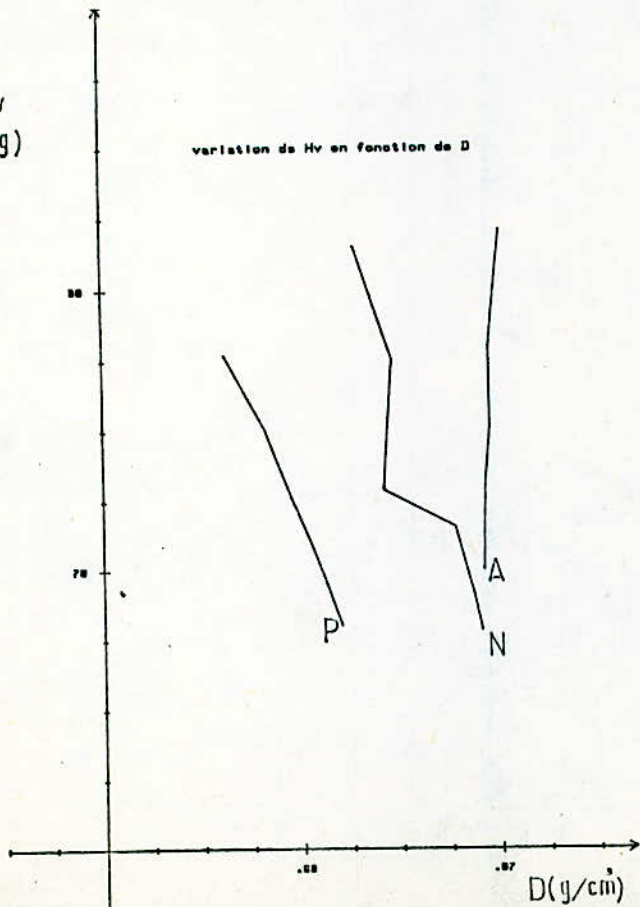
$H_V$   
(cal/g)

variation de  $H_V$  en fonction de  $P_0$



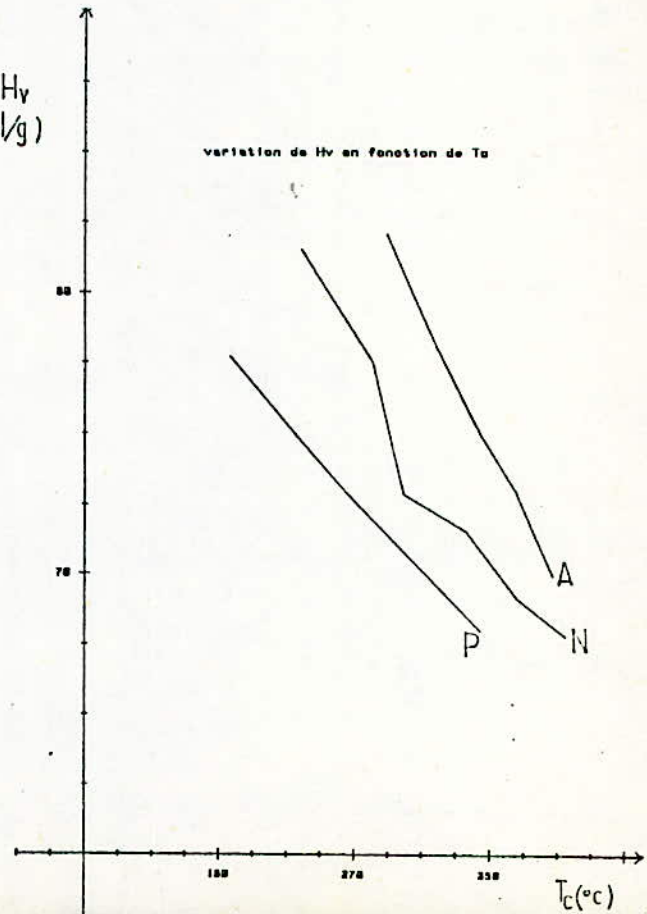
$H_V$   
(cal/g)

variation de  $H_V$  en fonction de  $D$



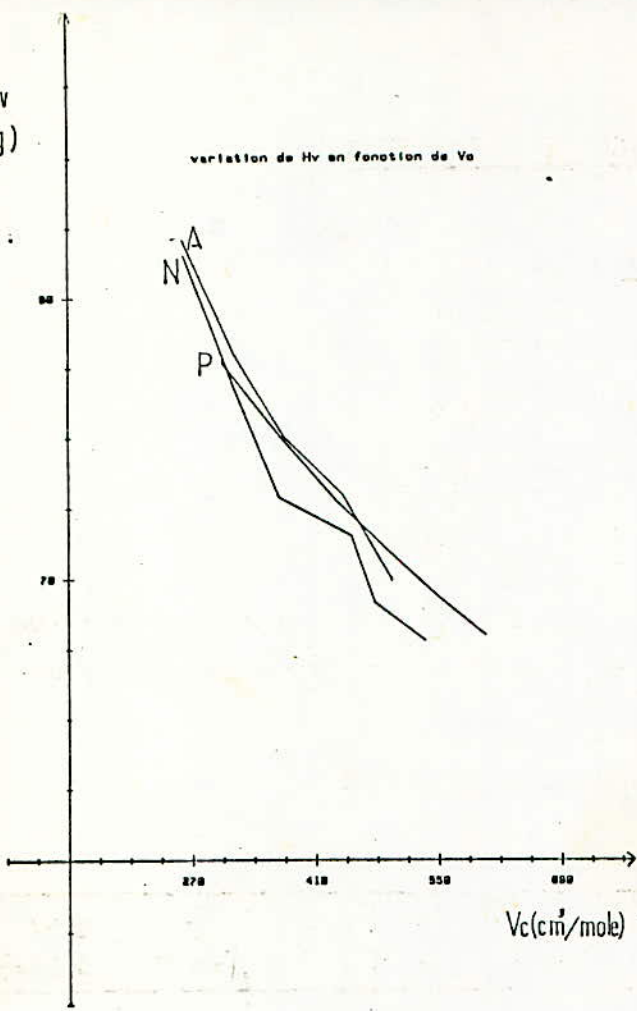
$H_V$   
(cal/g)

variation de  $H_V$  en fonction de  $T_C$



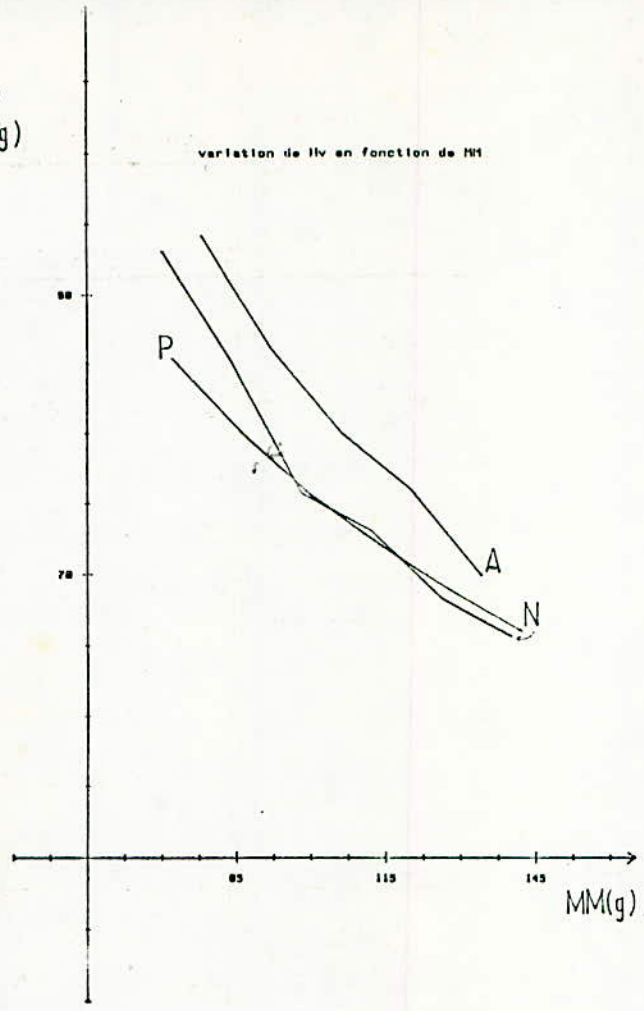
$H_V$   
(cal/g)

variation de  $H_V$  en fonction de  $V_c$



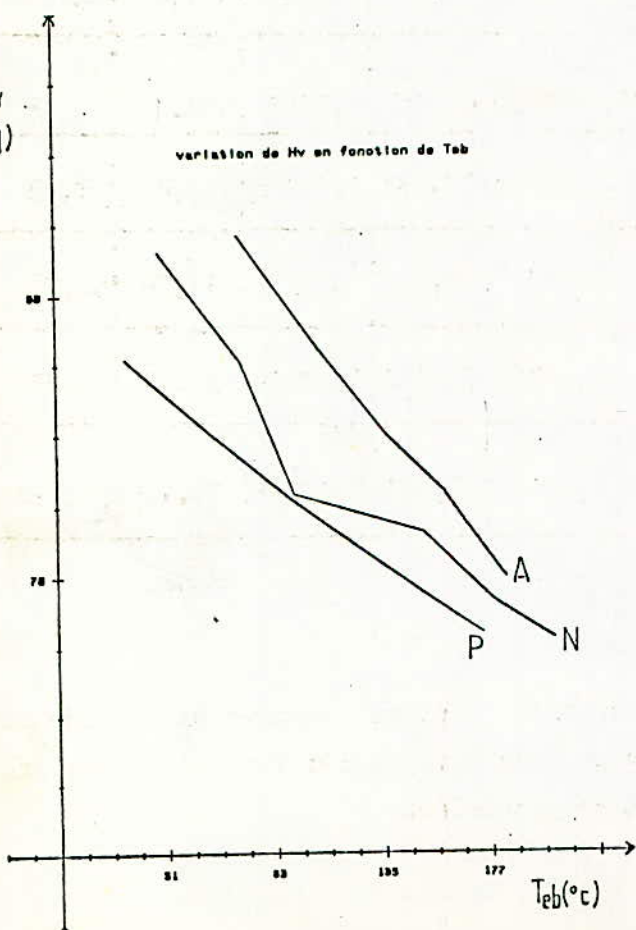
$H_V$   
(cal/g)

variation de  $H_V$  en fonction de  $MM$



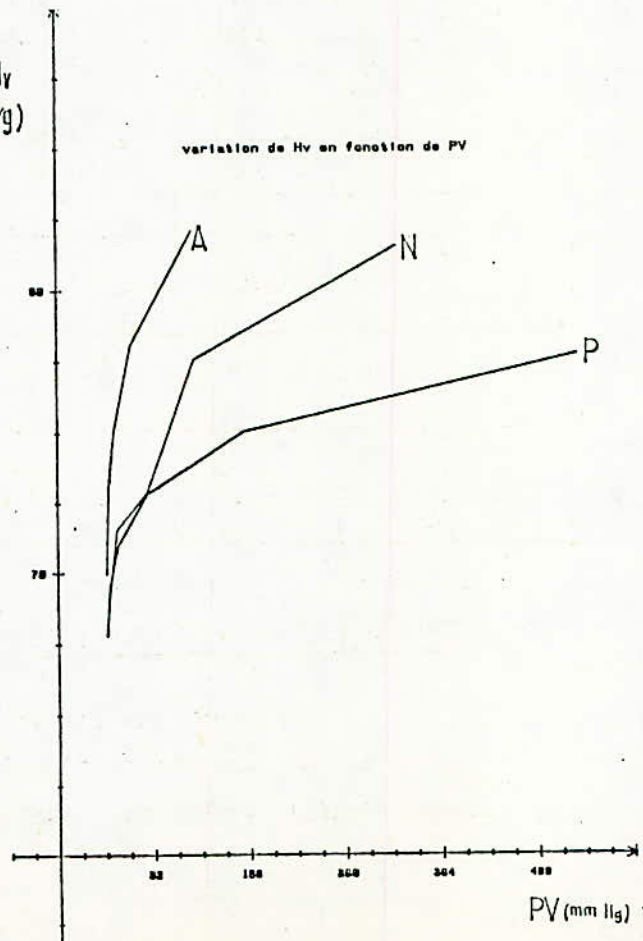
$H_V$   
(cal/g)

variation de  $H_V$  en fonction de  $T_{eb}$



$H_V$   
(cal/g)

variation de  $H_V$  en fonction de  $PV$



VERIFICATION DES EQUATIONS PROPOSEES

1° POUR UN CORPS PUR CONNAISSANT SA  $T_{eb}$  :

Prenons pour chaque famille, les H.c suivants :

- Paraffine : Pentane ;  $T_{eb} = 36^{\circ} c$
- Naphtène : Cyclopentane ;  $T_{eb} = 49,252^{\circ} c$
- Aromatique : Benzène ;  $T_{eb} = 80,094^{\circ} c$

En prenant toutes les équations en fonction de la  $T_{eb}$  pour chaque familles et connaissant la  $T_{eb}$ , on peut déterminer toutes les autres propriétés de ces H.c.

- Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

	Propriétés	PC (atm)	Tc (°c)	Vc (cm3) (mole)	d (g) (cm3)	MM (g)	n	TV (mm Hg)	$\Delta HV$ (Cal/g)
PARAFFINES	Valeurs exp.	33,25	196,5	304	0,62137	72,15	1,3547	512,48	85,38
	Valeurs Calculées	33,245	196,5	303,99	0,62136	72,15	1,3547	512,49	85,38
NAPHTENES	Valeurs exp.	44,6	238,6	260	0,74043	70,135	1,40363	317,47	93,03
	Valeur Calc.	44,59	238,5	260	0,7429	70,6	1,40352	317,50	92,98
AROMATIQUES	Valeur exp.	48,34	289,01	259	0,87358	78,114	1,49792	95,17	94,13
	Valeur calc.	48,32	289,01	259,01	0,87368	78,153	1,49791	95,149	94,127

2° POUR LES FRACTIONS PETROLIERES:

Pour chaque fraction considérée ayant sa composition et connaissant l'une de ses propriétés physiques, nous pourons déduire les autres pour chaque famille grâce aux équations déjà proposées.

Puis nous déterminons les différentes propriétés des fractions pétrolières à l'aide des formules suivantes, en supposant que les propriétés sont additives en poids :

$$P_c = \frac{\sum P_c x_i}{\sum x_i} \quad T_c = \frac{\sum T_c x_i}{\sum x_i} \quad V_c = \frac{\sum V_c x_i}{\sum x_i}$$

$$d = \frac{\sum d x_i}{\sum x_i} \quad MM = \frac{\sum MM x_i}{\sum x_i} \quad n = \frac{\sum n x_i}{\sum x_i}$$

$$TV = \frac{\sum TV x_i}{\sum x_i} \quad HV = \frac{\sum HV x_i}{\sum x_i}$$

Exemples :

a - Fraction 5 (6)

$$x_p = 70,6 \%$$

On donne :  $x_n = 29,4 \%$

$$x_A = 0 \%$$

connaissant  $T_{ob} = 76^\circ\text{C}$ ., Les autres propriétés sont calculées.

PARAMETRES	$P_c$ (atm)	$T_c$ (°C)	$V_c$ (cm <sup>3</sup> / mole)	$d$ g/cm <sup>3</sup>	$MM$ (g)	$n$	$TV$ mm Hg	$\Delta HV$ cal/g
Valeurs (exp)	31,7	249,6	371,00	0,693	90,8	1,389	-	77,92
Valeurs (calcul.)	32,6	251,9	358,25	0,696	87,3	1,390	118,31	81,43
Ecart (%)	2,8	0,9	3,40	0,4	3,8	10,07	-	4,5

Connaissant  $MH = 90,8 \text{ g}$

PARAMETRES	$P_c$ (atm)	$T_c$ (°C)	$V_c$ (cm <sup>3</sup> /mole)	$T_{cb}$ (°C)	$d$ (g/cm <sup>3</sup> )	$n$	TV (mm Hg)	$\Delta HV$ (cal/g)
Valeurs exp	31,7	249,5	371,0	76,0	0,693	1,389	-	77,92
Valeurs calculées	32,4	258,9	373,8	82,2	0,683	1,388	94,05	78,36
Ecart %	2	3,7	0,7	8	1,4	0,07	-	0,5

b - Fraction 9 (6)

On donne :

$$x_p = 54,7 \%$$

$$x_n = 42,1 \%$$

$$x_A = 3,3 \%$$

Connaissant : \*  $T_{cb} = 115^\circ \text{ c}$

PARAMETRES	$P_c$ (atm)	$T_c$ (°C)	$V_c$ (cm <sup>3</sup> /mole)	$d$ (g/cm <sup>3</sup> )	$MH$	$n$	TV (mm Hg)	$\Delta HV$ (Cal/g)
Valeurs exp	28,02	299,4	431,0	0,740	110,6	1,411	-	72,92
Valeurs calculées	28,06	295,9	437,7	0,734	108,3	1,409	26,79	73,23
Ecart %	0,1	1,1	1,5	0,8	1,0	0,1	-	0,4

\*  $M = 110,6 \text{ g}$

PARAMETRES	$P_c$ (atm)	$T_c$ (°c)	$V_c$ ( $\text{cm}^3/\text{mole}$ )	$d$ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	$T_{ob}$ g	$n$	TV mm Hg	$\Delta HV$ (Cal/g)
Valeurs exp	128,02	1299,4	431,0	10,740	115	1,4110	-	72,92
Valeurs calculées	125,51	1308,7	459,66	10,752	130	1,4208	18,48	73,16
Ecart %	8	3,1	6,6	1,6	13	0,6	-	0,3

c - Fraction 8 (7)

On donne :  $x_p = 65,6 \%$   
 $x_n = 32,3 \%$   
 $x_d = 1,6 \%$

Connaissant :  $T_{ob} = 73^\circ \text{ c}$

PARAMETRES	$d$ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	$n$	TV (g)	$\Delta HV$ (cal/g)
Valeurs exp	0,7020	1,3930	86,00	92,7
Valeurs calculées	0,7016	1,3930	84,58	95,66
Ecart (%)	0,05	0	1,6	3,1

c - Fraction 11 (7)

On donne :  $x_p = 68,3 \%$   
 $x_n = 31,1 \%$   
 $x_d = 0,6 \%$



Connaissant :  $MH = 93 \text{ g}$

PARAMETRES	d (g/cm <sup>3</sup> )	Teb (°c)	n	$\Delta HV$ (cal/g)
Valeurs exp.	0,709	88	1,3970	79,40
Valeurs cal.	0,704	96,3	1,3954	76,16
Ecart (‰)	0,7	9,4	0,1	4

Ceci confirme que :

- Les valeurs des propriétés physiques données par la C.P.G. sont corrects et bons.
- Les équations proposées donnent des résultats qui correspondent assez bien aux valeurs expérimentales.
- Enfin l'hypothèse d'additivité des propriétés paraît être correcte.



EQUATIONS RELIANT CHAQUE PARAMETRE EN FONCTION DE  
TOUT LES AUTRES :

1°) PARAFFINES :

$$Pc = -0,0116 Tc - 6,625 \cdot 10^{-3} Vc - 13,165 \cdot d - 0,0313 \cdot MM - 0,0134 Teb \\ - 25,0855 n + 1,218 \cdot 10^3 TV + 0,082 HV + 74,82$$

$$Tc = -1,34232 Pc + 0,07159 \cdot Vc + 129,345 d + 0,3368 \cdot MM + 0,144 \cdot Teb \\ + 269,384 \cdot n - 0,01308 \cdot TV - 0,8831 \cdot HV - 173,3328.$$

$$Vc = -2,343 Pc + 0,218 \cdot Tc + 225,84 \cdot d + 0,52 Teb - 0,0228 TV \\ - 1,542 HV + 0,588109 \cdot MM + 470,3534 \cdot n - 346,6262.$$

$$d = -0,01297 \cdot Pc + 1,208 \cdot 10^{-4} Tc + 6,9185 \cdot 10^{-5} \cdot Vc + 3,255 \cdot 10^{-4} \cdot MM \\ 1,3951 \cdot 10^{-4} Teb + 0,26033 n - 1,26411 \cdot 10^{-5} \cdot TV - 8,535 \cdot 10^{-4} HV \\ + 0,31789$$

$$MM = -0,49815 \cdot Pc + 0,046 \cdot Tc + 0,026568 \cdot Vc + 48,00164 d + 0,0535 Teb \\ + 99,97149 n - 4,85437 \cdot 10^{-3} TV - 0,327756 \cdot HV - 65,1957.$$

$$Teb = -1,1623 \cdot Pc + 0,1082 \cdot Tc + 0,06198 Vc + 111,9969 d + 0,2916 \cdot MM \\ + 233,2525 \cdot n - 0,0113 \cdot TV - 0,7647 \cdot HV - 300,9962.$$

$$n = -6,22869 \cdot 10^{-4} \cdot Pc + 5,80026 \cdot 10^{-5} Vc + 0,060019 d + 1,5629 \cdot 10^{-4} MM \\ - 6,0697 \cdot 10^{-6} TV + 6,6975 \cdot 10^{-5} Teb - 4,098 \cdot 10^{-5} HV + 0,99300446$$

$$TV = 12,8274 \cdot Pc - 1,1945 \cdot Tc - 0,684 \cdot Vc - 1236,0388 d - 3,1874 \cdot MM \\ - 1,37953 \cdot Teb - 2574,258 n + 8,43972 \cdot HV + 4345,4155$$

2°) NAPHTHENES :

$$Pc = -6,7625 \cdot 10^{-3} Tc - 9,25 \cdot 10^{-3} Vc - 15,3373 d - 0,0178 \cdot MM - 9,177 \cdot 10^{-3} Teb \\ - 30,864 \cdot n + 0,0288 \cdot TV + 0,0523 HV + 87,557$$

$$Tc = -1,135869565 \cdot Pc + 0,108854 \cdot Vc + 15650 + 0,372 \cdot MM + 0,166 \cdot Teb \\ + 362,430 \cdot n - 0,02376 \cdot TV - 0,6572 \cdot HV - 188,70751.$$

$$Vc = -1,3043 \cdot Pc + 0,1435 \cdot Tc + 179,42 \cdot d + 0,190 \cdot Teb + 301,356 \cdot n \\ - 0,02728 \cdot TV - 0,754 \cdot HV + 0,4277 \cdot MM - 232,1368$$

$$d = 9,0869 \cdot 10^{-4} Pc + 10^{-4} Tc + 8,70825 \cdot 10^{-5} Vc + 2,979 \cdot 10^{-4} MM \\ + 1,328 \cdot 10^{-4} Teb + 0,2099 \cdot n - 1,90095 \cdot 10^{-5} TV - 5,2578 \cdot 10^{-4} HV \\ + 0,46601$$

$$MM = -0,381158 \cdot Pc + 0,0419 \cdot Tc + 0,0365 \cdot Vc + 52,4334 \cdot d + 0,0557 \cdot Teb \\ + 88,06504 \cdot n - 0,0797 \cdot TV - 0,22055 \cdot HV - 74,49998.$$

$$Teb = -0,855 \cdot Pc + 0,09109 \cdot Tc + 0,0819 \cdot Vc + 117,6248 \cdot d + 0,2804 \cdot MM \\ + 197,557 \cdot n - 0,01788 \cdot TV - 0,49476 \cdot HV - 288,72043.$$

$$n = -5,4103 \cdot 10^{-4} Pc + 5,9539 \cdot 10^{-5} Tc + 5,184 \cdot 10^{-5} Vc + 0,0744 \cdot d + 1,774 \cdot 10^{-4} MM \\ + 7,90907 \cdot Teb - 1,1318159 \cdot 10^{-5} \cdot TV - 3,1305 \cdot 10^{-4} HV + 1,3613.$$

$$TV = 5,9752 \cdot Pc - 0,6575 \cdot Tc - 0,5726 \cdot Vc - 821,957 \cdot d - 1,959 \cdot MM - 0,873 \cdot Teb \\ - 1380,5248 \cdot n + 3,45738 \cdot HV + 2761,911443.$$

$$HV = 0,216032 \cdot Pc - 0,0237 \cdot Tc - 0,0207 \cdot Vc - 29,717 \cdot d - 0,0708 \cdot MM \\ - 0,03158 \cdot Teb - 49,9121 \cdot n + 4,519305 \cdot 10^{-3} \cdot TV + 191,601475.$$

### 3°) AROMATIQUES :

$$Pc = -0,03286 \cdot T - 0,017075 \cdot Vc + 85,64204 \cdot d - 0,0695 \cdot MM - 0,0318 \cdot Teb \\ + 256,826 \cdot n + 0,014592 \cdot TV + 0,12096 \cdot HV - 402,20416.$$

$$Tc = -0,475449 \cdot Pc + 0,0649 \cdot Vc - 325,7475 \cdot d + 0,264 \cdot MM + 0,1212 \cdot Teb \\ - 972,8 \cdot n - 0,0555 \cdot TV - 0,4600 \cdot HV + 2055,2669.$$

$$Vc = -0,9146 \cdot Pc + 0,2404 \cdot Tc - 626,649 \cdot d + 0,233 \cdot Teb - 1871,552 \cdot n \\ - 0,1067 \cdot TV - 0,885 \cdot HV + 0,5089 \cdot MM + 3619,592.$$

$$d = 1,8244 \cdot 10^{-4} Pc - 4,7965 \cdot 10^{-5} \cdot Tc - 2,4934 \cdot 10^{-5} \cdot Vc - 1,015 \cdot 10^{-4} \cdot MM - 4,654 \cdot 10^{-5} \\ \cdot Teb + 0,3733 \cdot n + 2,1298 \cdot 10^{-5} \cdot TV + 1,7655 \cdot 10^{-4} \cdot HV + 0,31898.$$

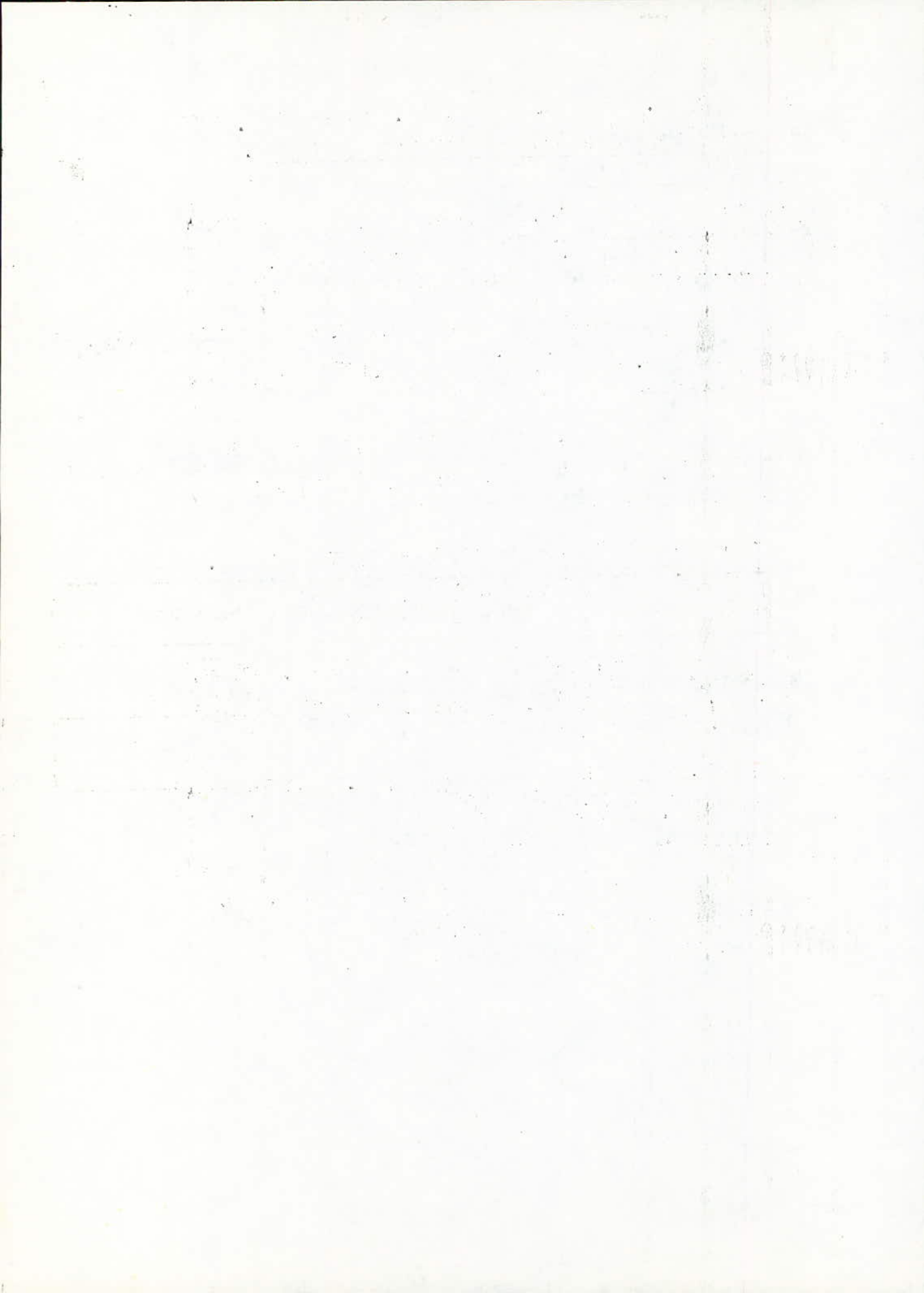
$$MM = -0,22463 \cdot Pc + 0,05905 \cdot Tc + 0,03069 \cdot Vc - 53,9028 \cdot d + 0,057307 \cdot Teb \\ - 459,6467 \cdot n - 0,02622 \cdot TV - 0,217375 \cdot HV + 905,2963$$

$$Teb = 0,4899 \cdot Pc + 0,1288 \cdot Tc + 0,0669 \cdot Vc - 335,697 \cdot d + 0,2765 \cdot MM \\ - 1002,5939 \cdot n - 0,05719 \cdot TV - 0,4741 \cdot HV + 1873,08419$$

$$n = 6,10879 \cdot 10^{-4} Pc - 1,606 \cdot 10^{-5} \cdot Tc - 0,8348 \cdot Vc + 0,3348 \cdot d - 0,399 \cdot 10^{-5} \cdot MM \\ - 1,5583 \cdot 10^{-6} \cdot Teb + 7,1314 \cdot 10^{-6} \cdot TV + 5,91125 \cdot 10^{-5} \cdot HV + 1,462328$$

$$TV = 1,07074 \cdot Tc - 0,2815 \cdot Vc - 0,1463 \cdot d + 733,608 \cdot d - 0,5958 \cdot MM - 0,273 \cdot Teb \\ + 2190,9968 \cdot n + 1,0361 \cdot HV - 3789,3187.$$

$$HV = 0,129 \cdot Pc - 0,0339 \cdot Tc - 0,01765 \cdot d + 88,50043 \cdot MM - 0,0329 \cdot Teb \\ + 264,3157 \cdot n + 0,015 \cdot TV - 364,1527.$$



VERIFICATION DES EQUATIONS RELIANT CHAQUE PARAMETRE EN  
FONCTION DE TOUT LES AUTRES :

1°) Pour un corps pur :

Preons pour chaque famille, les hydrocarbures suivant :

Paraffine : Pentane  
Naphène : Cyclopentane  
Aromatique : Benzène.

Et pour chaque hydrocarbure choisie, nous connaissons toutes les propriétés physiques à part une : par exemple  $P_c$ .

FAMILLES	PARAFFINES			AROMATIQUES			NAPHTENES		
	Valeur exp.	Valeur Calcul.	Ecart %	Valeur exp.	Valeur Calcul.	Ecart %	Valeur exp.	Valeur Calcul.	Ecart %
$P_c$	33,25	33,71	1	43,34	43,35	2. 5	44,6	41,62	6

N.B. : Ces corrélations fonctionnent pour des corps purs et pas pour des fractions pétrolières.





CONSTRUCTION DE MONOGRAMME :

Dans le but de faciliter la détermination de propriétés physiques, il nous a paru intéressant de proposer un monogramme par famille<sup>1</sup> d'hydrocarbures.

A partir de la connaissance d'une propriété par l'adoption de règle simple, nous devons pouvoir déterminer toutes les autres.

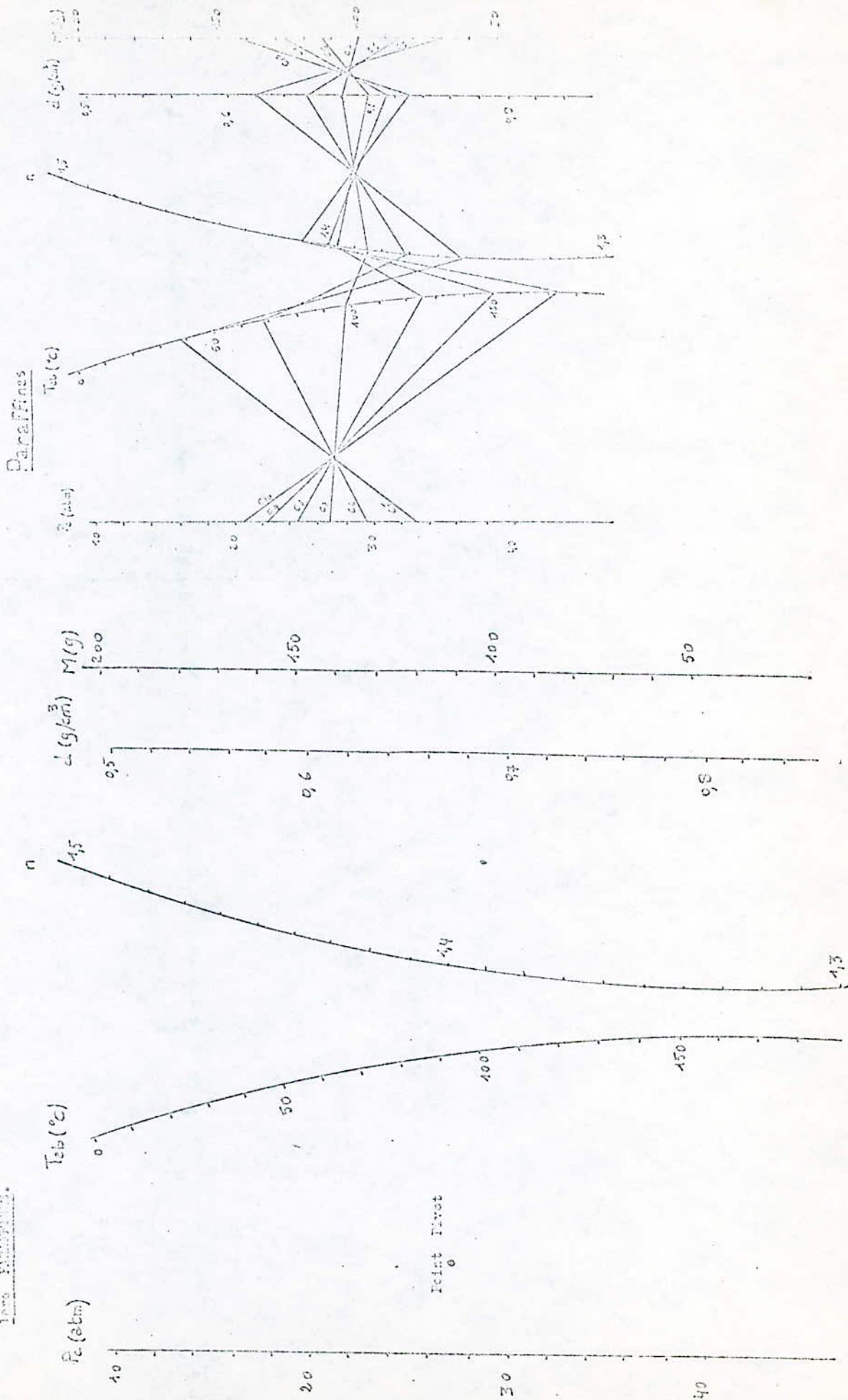
La tentative de monogrammes proposés repose sur la nécessité d'établir des points pivots par lesquelles les droites de propriétés passeraient.

Nous constatons après cette mesure approchée qu'il est possible pour les paraffines et les aromatiques de déterminer certaines propriétés.

Cette méthode n'étant pas pu appliquer au Naphtène. Il reste à parfaire cette méthode.

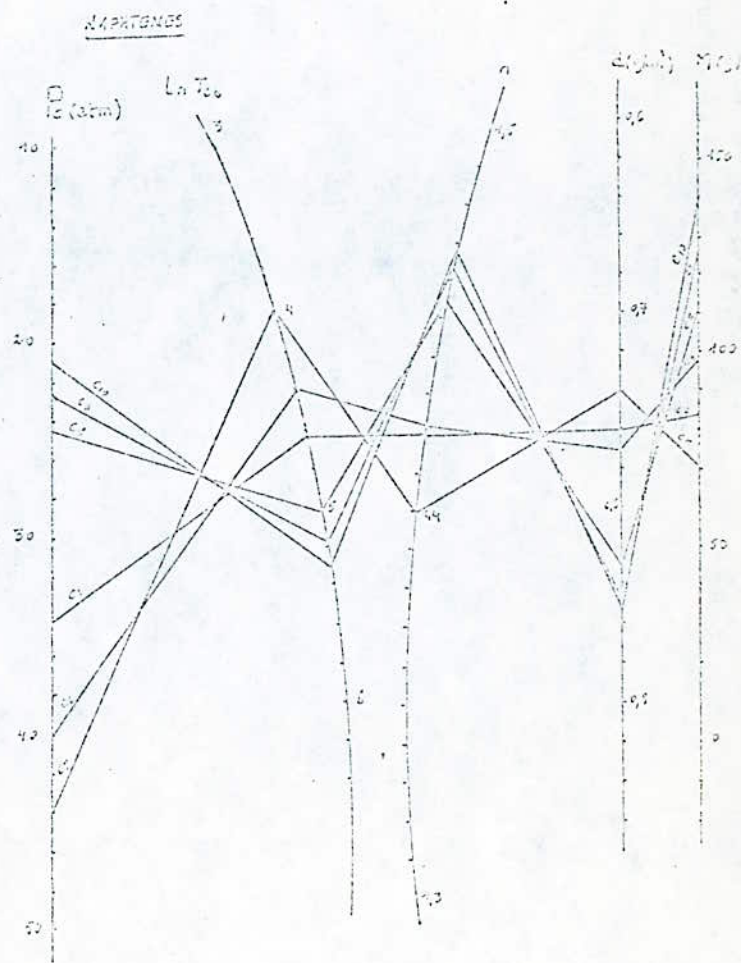
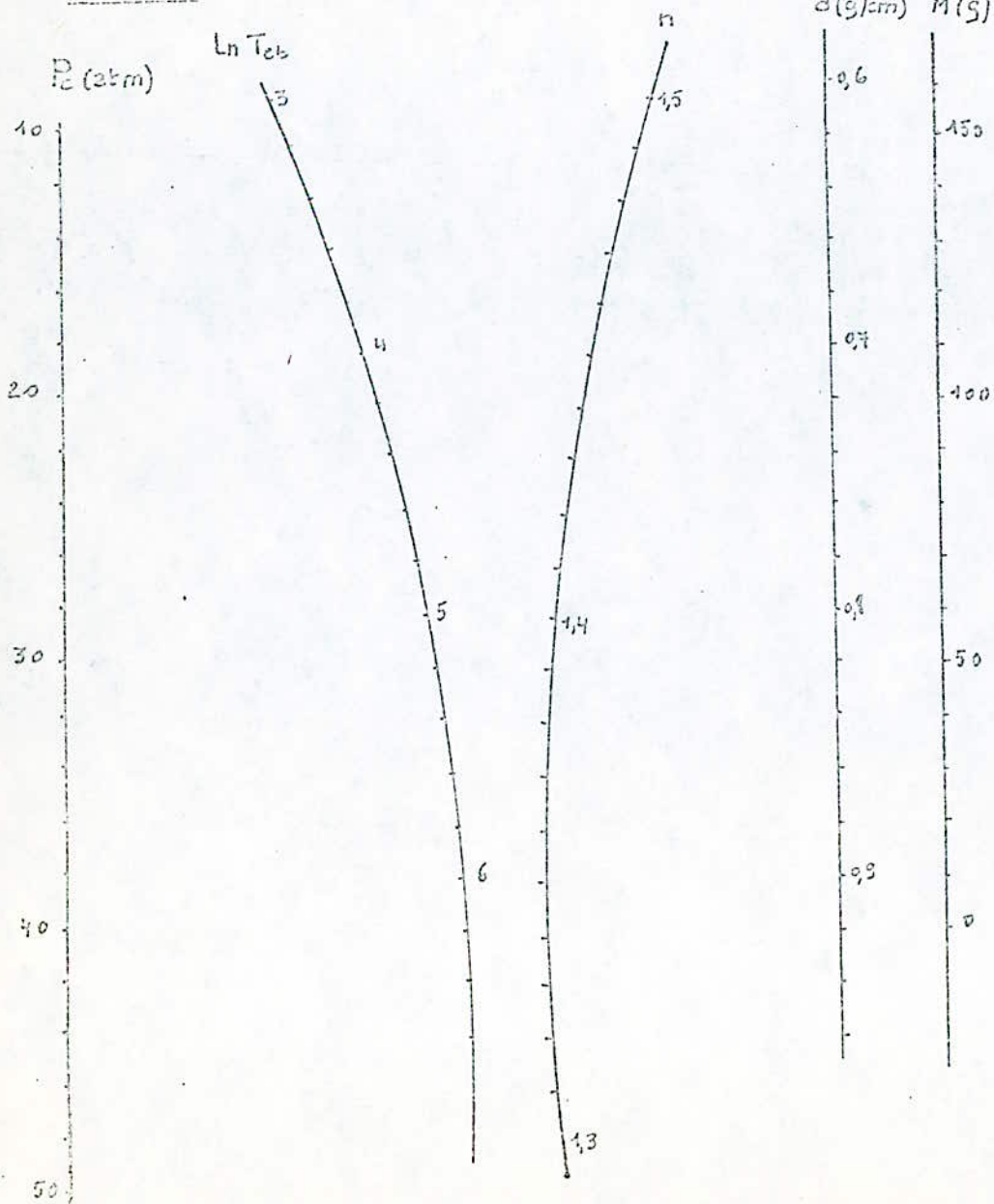


1000 Paraffines



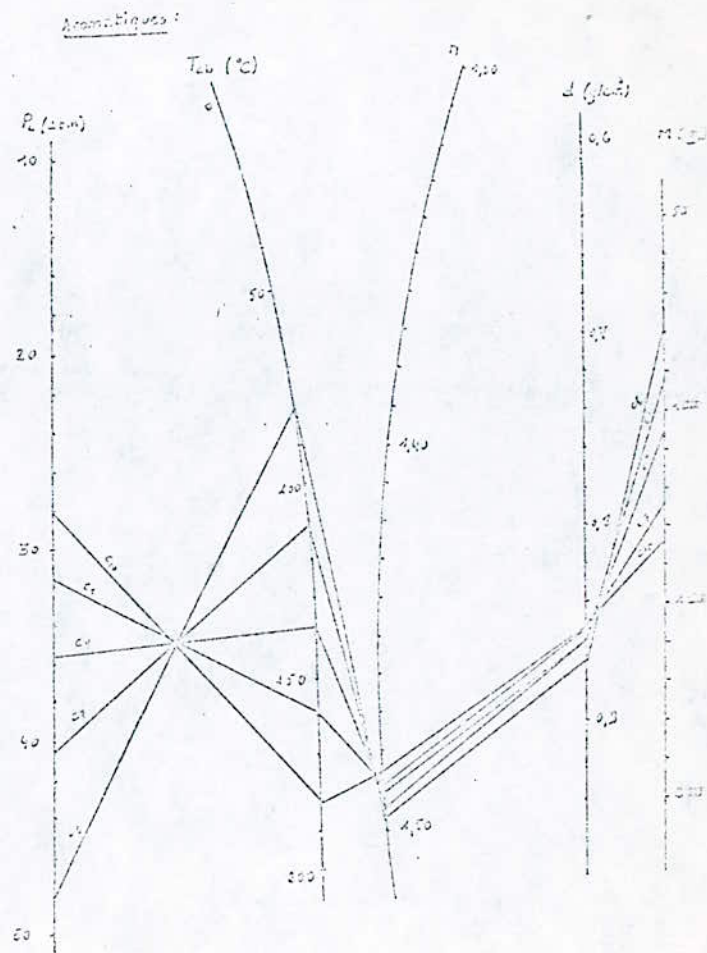
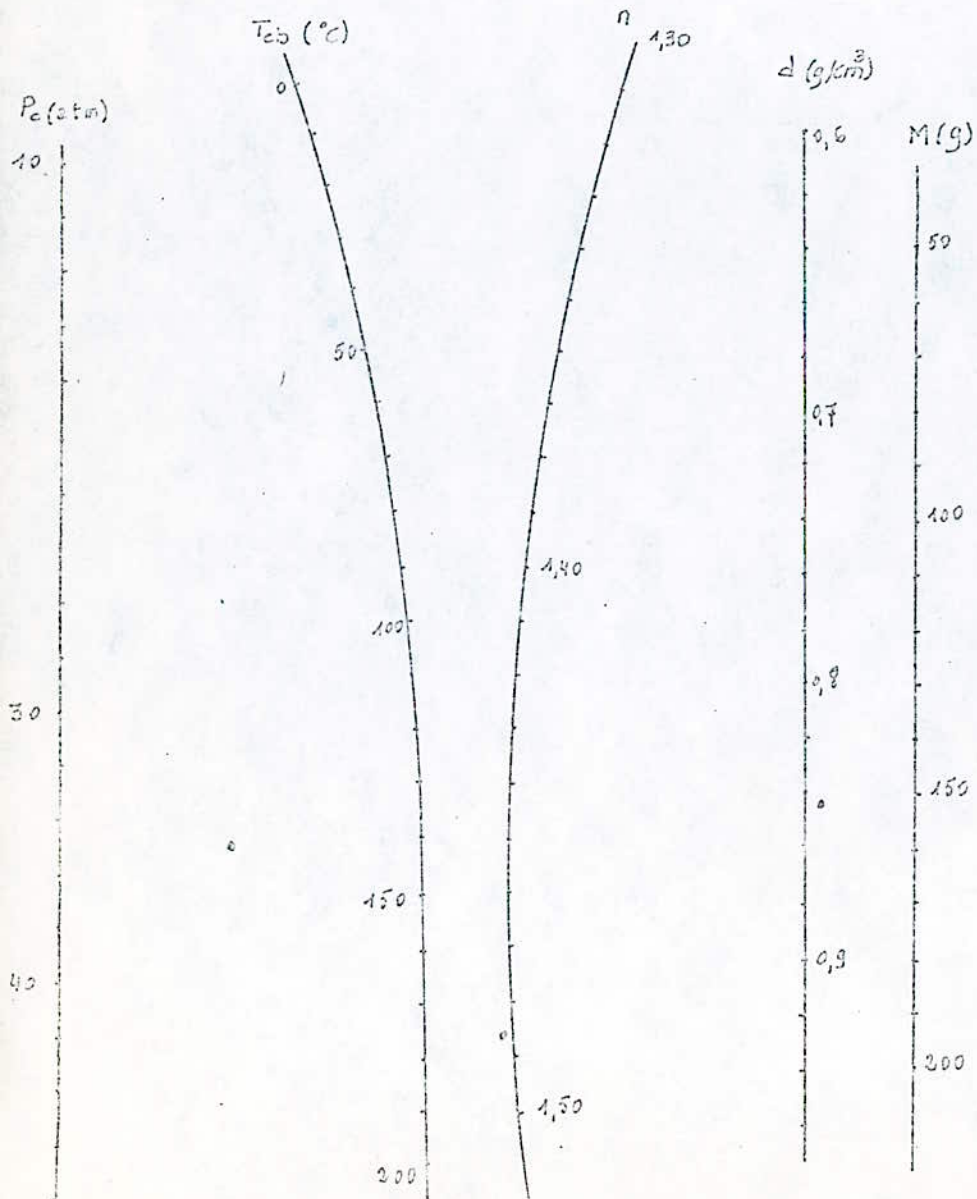


2 - МЕРКАТО





3 - ANOMALIES.







7 . DETERMINATION D'EQUATIONS REPRESENTANT LA VARIATION DE  
L'ENTHALPIE STANDART DE VAPORISATION D'HYDROCARBURES  
VALABLES POUR TOUTE TEMPERATURE :

L'equation empirique fondamentale représente la variation de l'enthalpie de vaporisation d'un liquide avec la température et elle est réalisée en perfectionnant l'équation empirique, classique de Watson. Pour cela nous remplaçons l'exposant constant 0,38 par un polynôme au plus de degré 2 exprimé en fonction de la température réduite. Ainsi cette exposant varie d'une part avec la température et d'autre part avec le corps, par considéré. Nous nous proposons pour notre part, de calculer cette exposant pour une serie d'hydrocarbures Paraffiniques, Naphteniques et Aromatiques, dont l'enthalpie de vaporisation est représentée par l'équation suivante :

$$\Delta H_{Vt} = \Delta H_{Vt_0} \left( \frac{1 - Tr}{1 - Tr_0} \right)^A + Btr + Ctr^2$$

Tr et Tr<sub>0</sub> étant respectivement la température réduite et la valeur de la température d'ébullition normale exprimée sous forme réduite A,B,C étant des coefficients déterminés d'une façon numérique.

Nous avons réuni dans les tableau 1,2 et 3 les valeurs des coefficients A,B,C pour différents solutés choisis parmi les hydrocarbures **Isoparaffiniques, Naphteniques et Aromatiques.**

Tableau 1

COMPOSES	A	B	C
2 - Methylpentane	0,1066	0,4876	- 0,2328
2 - Methylhexane	0,4953	- 0,6517	0,6233
3 - Methyl Heptane	0,3757	0,0574	- 0,0654

Tableau 2

COMPOSES	A	B	C
Cyclopentane	0,3330	0,1010	- 0,0672
2 Methylcyclopentane	0,4600	- 0,5130	0,5000
Cyclohexane	0,3744	0,0795	- 0,0783

Tableau 3

COMPOSES	A	B	C
1.2.3. Triméthyl Benzène	0,1471	0,8755	- 0,6311
1.2.4. Triméthyl Benzène	0,2140	0,439	- 0,228
1.3.5. Triméthyl Benzène	0,4324	- 0,2153	0,1767

Nous avons représenté dans les tableaux ci dessous la variation de l'enthalpie de vaporisation (en Btu/Lb) des différents hydrocarbures Paraffiniques, Naphténiques et Aromatiques obtenue expérimentalement, avec notre équation et avec l'équation de WATSON.

150  
1. Paraffine :

a - 2 Méthylpentane

T (°C)	Tr	n	$\Delta H_v$ (exp)	$\Delta H_v$ (Notre Equation)	$\Delta H_v$ (Watson)	Ecart notre Equation	Ecart/ Watson
37,77	0,1643	0,1804	148	151,43	145,62	23.10 <sup>-3</sup>	16.10 <sup>-3</sup>
93,33	0,4067	0,2664	131	131,017	127,84	0,12.10 <sup>-3</sup>	24.10 <sup>-3</sup>
148,88	0,6488	0,3249	109	109,11	104,75	1.10 <sup>-3</sup>	38,9.10 <sup>-3</sup>
204,44	0,8910	0,3552	70	70,27	67,15	3,8 10 <sup>-3</sup>	40,7.10 <sup>-3</sup>
Ecart Moyen						6,9.10 <sup>-3</sup>	29,9.10 <sup>-3</sup>

b - 2-Méthylhexane

T (°C)	Tr	n	$\Delta H_v$ (exp)	$\Delta H_v$ (Notre équation)	$\Delta H_v$ (Watson)	Ecart/ notre équation	Ecart/ Watson
37,77	0,143	0,4148	147	146,98	145,63	$0,13 \cdot 10^{-3}$	$9,32 \cdot 10^{-3}$
93,33	0,355	0,3424	133	130,82	130,73	$16,3 \cdot 10^{-3}$	$17,06 \cdot 10^{-3}$
148,88	0,566	0,3261	115	115,00	112,45	0	$22,1 \cdot 10^{-3}$
204,44	0,778	0,3655	90	88,55	87,16	$16,1 \cdot 10^{-3}$	$31,5 \cdot 10^{-3}$
260	0,989	0,4604	20	20,02	27,82	$1,4 \cdot 10^{-3}$	0,391
Ecart moyen						$6,7 \cdot 10^{-3}$	$94,1 \cdot 10^{-3}$

c - 3-Méthyl Heptane

T (°C)	Tr	n	$\Delta H_v$ (exp)	$\Delta H_v$ (Notre équation)	$\Delta H_v$ (Watson)	Ecart/ Notre équation)	Ecart/ (Watson)
37,77	0,1299	0,3820	148	147,97	147,85	$0,2 \cdot 10^{-3}$	$1,01 \cdot 10^{-3}$
93,33	0,3212	0,3873	134	134,68	134,54	$5,07 \cdot 10^{-3}$	$4,02 \cdot 10^{-3}$
148,88	0,5120	0,3879	118,5	118,51	118,68	$0,7 \cdot 10^{-3}$	$1,51 \cdot 10^{-3}$
204,44	0,7036	0,3837	99	97,95	98,20	0,010	$8,08 \cdot 10^{-3}$
260	0,894	0,3747	67	67,04	66,43	$5,97 \cdot 10^{-3}$	$8,5 \cdot 10^{-3}$
Ecart Moyen						$4,26 \cdot 10^{-3}$	$4,62 \cdot 10^{-3}$

2 - Naphléniques :

a - Cyclopentane

T(°C)	Tr	n	$\Delta$ Hv (exp)	$\Delta$ Hv Notre équation	$\Delta$ Hv Watson	Ecart/ notre équation	Ecart/ Watson
37,7	0,158	0,3472	171	170,97	171,30	$0,17 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$
93,3	0,392	0,3622	152	152,08	151,37	$0,52 \cdot 10^{-3}$	$4,1 \cdot 10^{-3}$
148,8	0,625	0,3699	127	126,93	125,97	$0,55 \cdot 10^{-3}$	$8,1 \cdot 10^{-3}$
204,4	0,859	0,3702	88	88,35	86,86	$3,9 \cdot 10^{-3}$	$12,9 \cdot 10^{-3}$
Ecart moyen						$5,5 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-3}$

b - Cyclohexane

T(°C)	Tr	n	$\Delta$ Hv (exp)	$\Delta$ Hv notre équation	$\Delta$ Hv Watson	Ecart/ notre équation	Ecart/ Watson
97,7	0,1341	0,3836	165	164,99	164,87	$0,6 \cdot 10^{-4}$	$7,8 \cdot 10^{-4}$
93,3	0,3318	0,3921	149	149,29	149,41	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$
148,8	0,5293	0,3945	130	130	130,78	0	$6 \cdot 10^{-3}$
204,4	0,7271	0,3908	105	105,22	106,31	$2,09 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$
260	0,9249	0,3809	65	64,98	65,11	$3,07 \cdot 10^{-4}$	$1,69 \cdot 10^{-3}$
Ecart moyen						$8,7 \cdot 10^{-4}$	$146,1 \cdot 10^{-4}$

C - Méthylcyclopentane :

T (°c)	Tr	n	$\Delta H_v$ (exp)	$\Delta H_v$ notre équation	$\Delta H_v$ Watson	Ecart/ notre équation	Ecart/ équation de Watson
37,7	0,145	0,3961	158	157,99	157,56	$0,06 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$
93,3	0,358	0,3404	142	141,98	141,31	$0,14 \cdot 10^{-3}$	$4,8 \cdot 10^{-3}$
148,8	0,572	0,3301	122	124,85	121,13	$19 \cdot 10^{-3}$	$7,1 \cdot 10^{-3}$
204,4	0,786	0,3656	95	94,73	93,03	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$20 \cdot 10^{-3}$
Ecart moyen						$5,5 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-3}$

3 - Aromatiques :

a - 1.2.3. Trimethyl Benzène

T (°c)	Tr	n	$\Delta H_v$ (exp)	$\Delta H_v$ notre équation	$\Delta H_v$ Watson	Ecart/ notre équation	Ecart/ Watson
93,33	0,2372	0,3192	162	158,83	161,98	0,0195	$1,23 \cdot 10^{-4}$
148,88	0,3785	0,3880	150	149,99	149,85	$6,6 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-3}$
204,44	0,5197	0,4316	134	134,89	135,87	$6,6 \cdot 10^{-3}$	$13,9 \cdot 10^{-3}$
260	0,6610	0,4500	115	115,02	119,02	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$34,9 \cdot 10^{-3}$
315,55	0,8022	0,4433	94	90,88	96,98	0,033	$31,7 \cdot 10^{-3}$
371,11	0,9435	0,4113	56	56,09	60,24	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$75,7 \cdot 10^{-3}$
Ecart moyen						0,010	0,026

b - 1.2.4. Trimethyl Benzène

T (°C)	Tr	n	$\Delta H_v$ (exp)	$\Delta H_v$ notre équation	$\Delta H_v$ Watson	Ecart/ notre équation	Ecart/ Watson
93,33	0,2441	0,3075	158	157,22	157,68	0,021	$2,02 \cdot 10^{-3}$
148,88	0,3895	0,3504	145	144,99	145,38	$6,89 \cdot 10^{-5}$	$2,62 \cdot 10^{-3}$
204,44	0,5348	0,3835	130,5	131,03	131,12	$4,06 \cdot 10^{-3}$	$4,75 \cdot 10^{-3}$
260	0,6802	0,4070	112	112,02	113,71	$1,78 \cdot 10^{-4}$	$15,9 \cdot 10^{-3}$
315,55	0,8255	0,421	89	86,13	90,33	0,032	$14,9 \cdot 10^{-3}$
371,11	0,9709	0,4253	40	40,01	45,73	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$143,2 \cdot 10^{-3}$
Ecart moyen						$9,6 \cdot 10^{-3}$	$30,4 \cdot 10^{-3}$

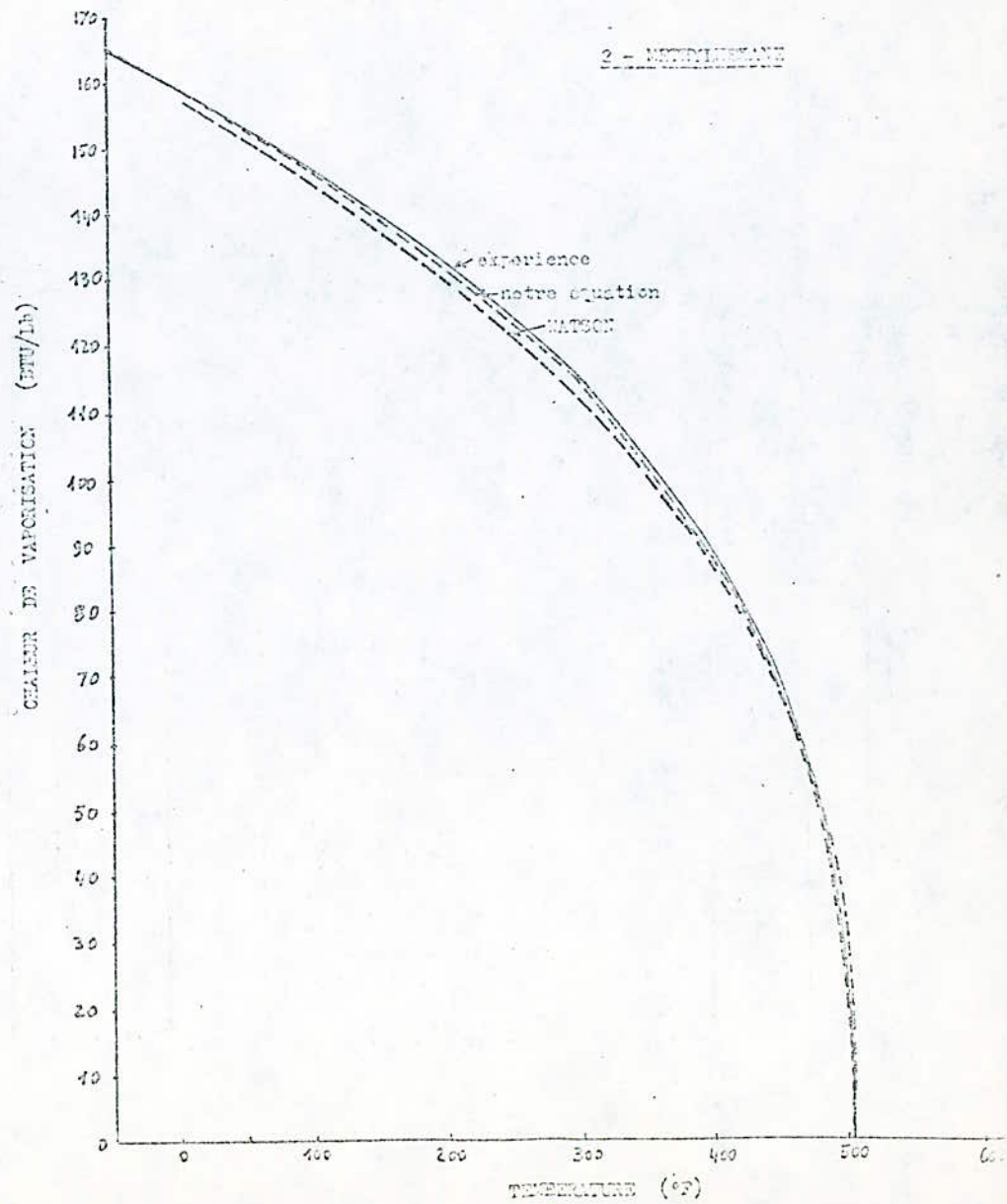
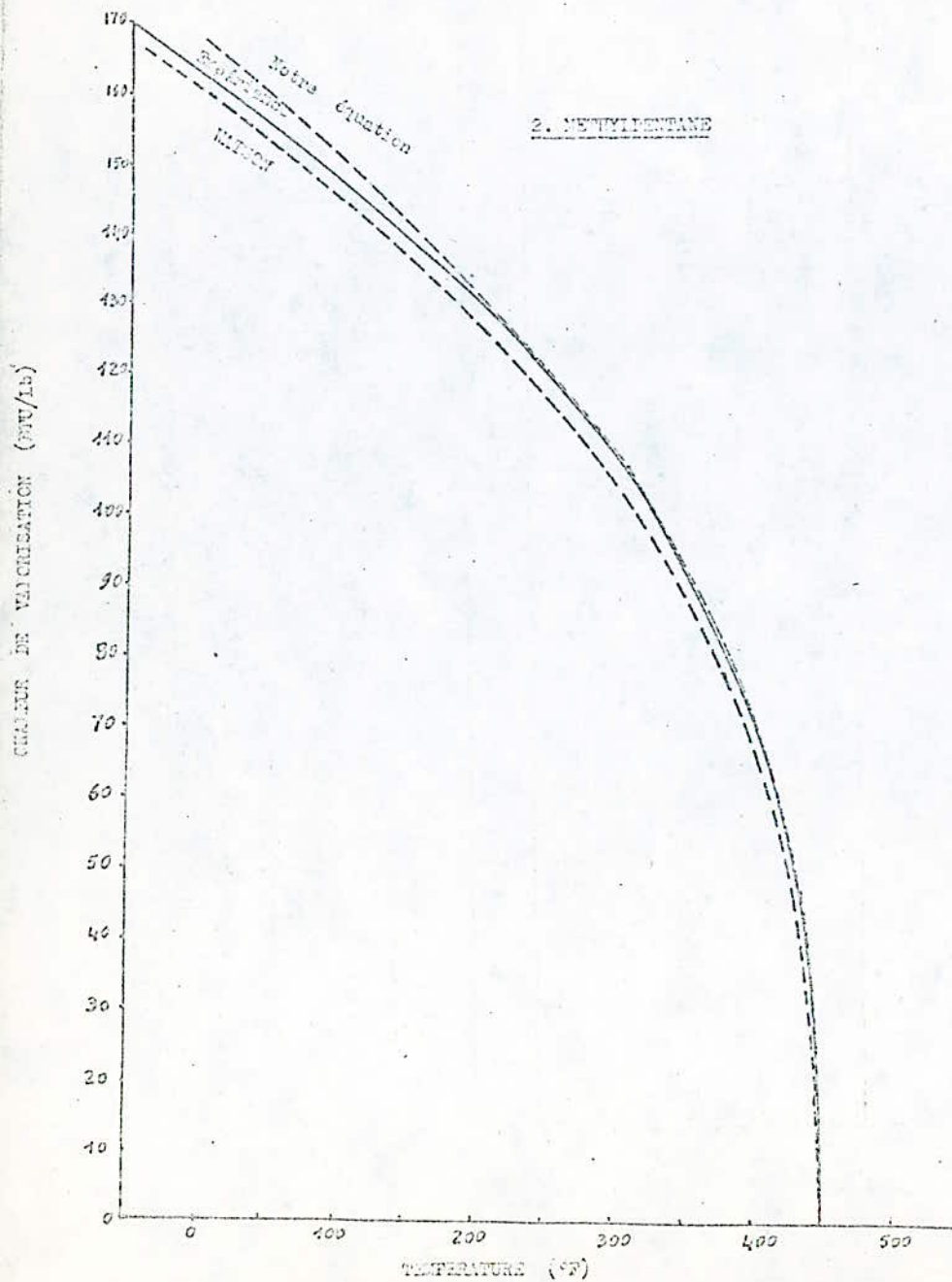
c - 1.3.5. Trinethyl Benzène

T (°C)	Tr	n	$\Delta H_v$ (exp)	$\Delta H_v$ notre équation	$\Delta H_v$ Watson	Ecart/ notre équation	Ecart/ Watson
93,33	0,2533	0,3892	157	157,02	156,58	$1,27 \cdot 10^{-4}$	$2,67 \cdot 10^{-3}$
148,88	0,4012	0,3742	144	143,65	143,71	$2,43 \cdot 10^{-3}$	$2,43 \cdot 10^{-3}$
204,44	0,5550	0,3673	129	128,98	128,62	$1,55 \cdot 10^{-4}$	$2,91 \cdot 10^{-3}$
260	0,7058	0,3684	110	110,71	109,91	$6,45 \cdot 10^{-3}$	$8,86 \cdot 10^{-3}$
315,55	0,8567	0,3776	81	83,89	83,62	$1,309 \cdot 10^{-3}$	$4,52 \cdot 10^{-3}$
Ecart moyen						$2,09 \cdot 10^{-3}$	$4,63 \cdot 10^{-3}$

CONCLUSION :

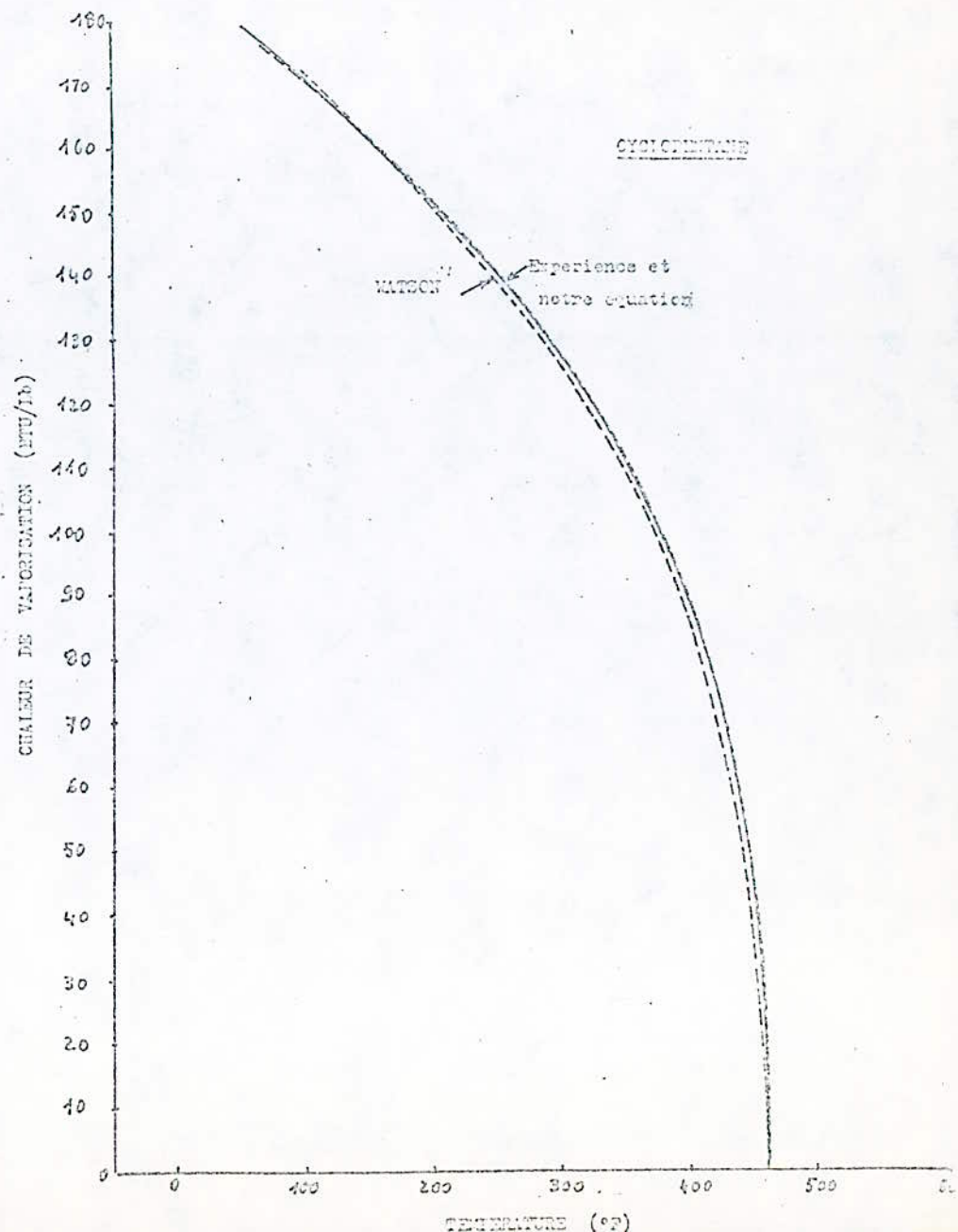
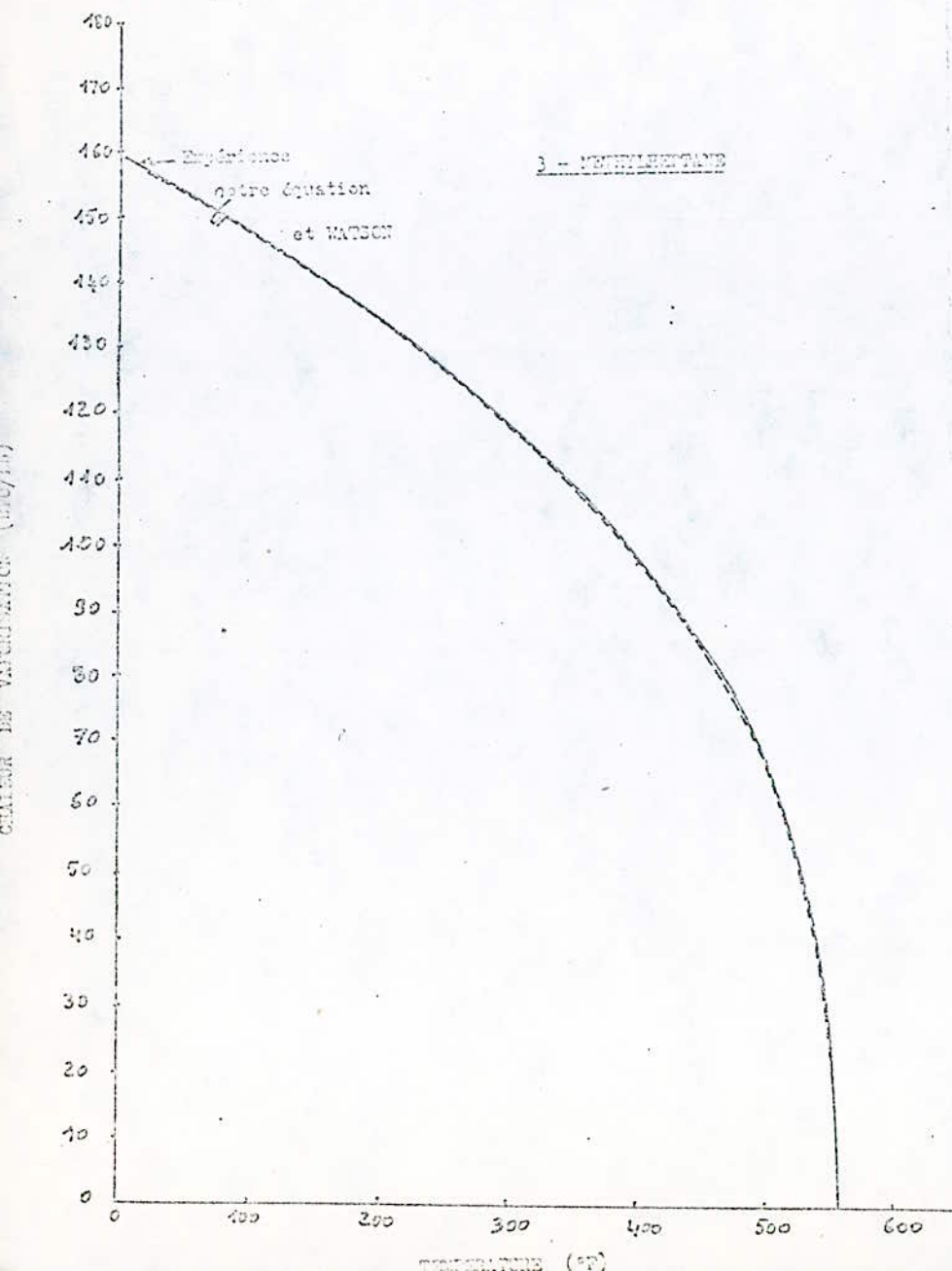
Nous avons calculé l'enthalpie standard de vaporisation de certains hydrocarbures ~~paraffiniques~~ Paraffiniques, Naphteniques et Aromatiques, dans un domaine très large de température.

Les résultats obtenus par l'équation ainsi proposés sont bien plus proches des valeurs expérimentales que ne le sont les valeurs calculés avec l'équation de Watson.

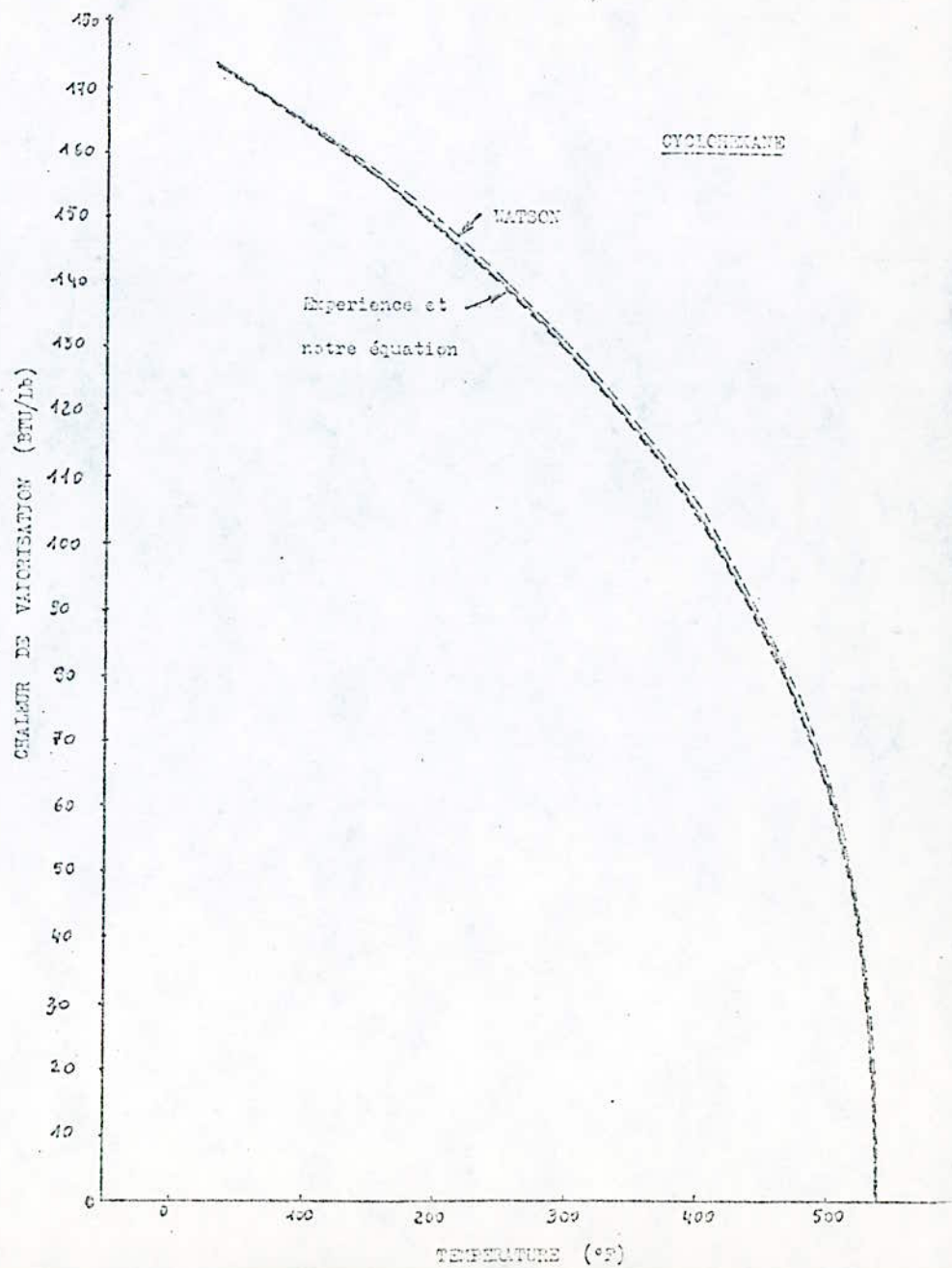
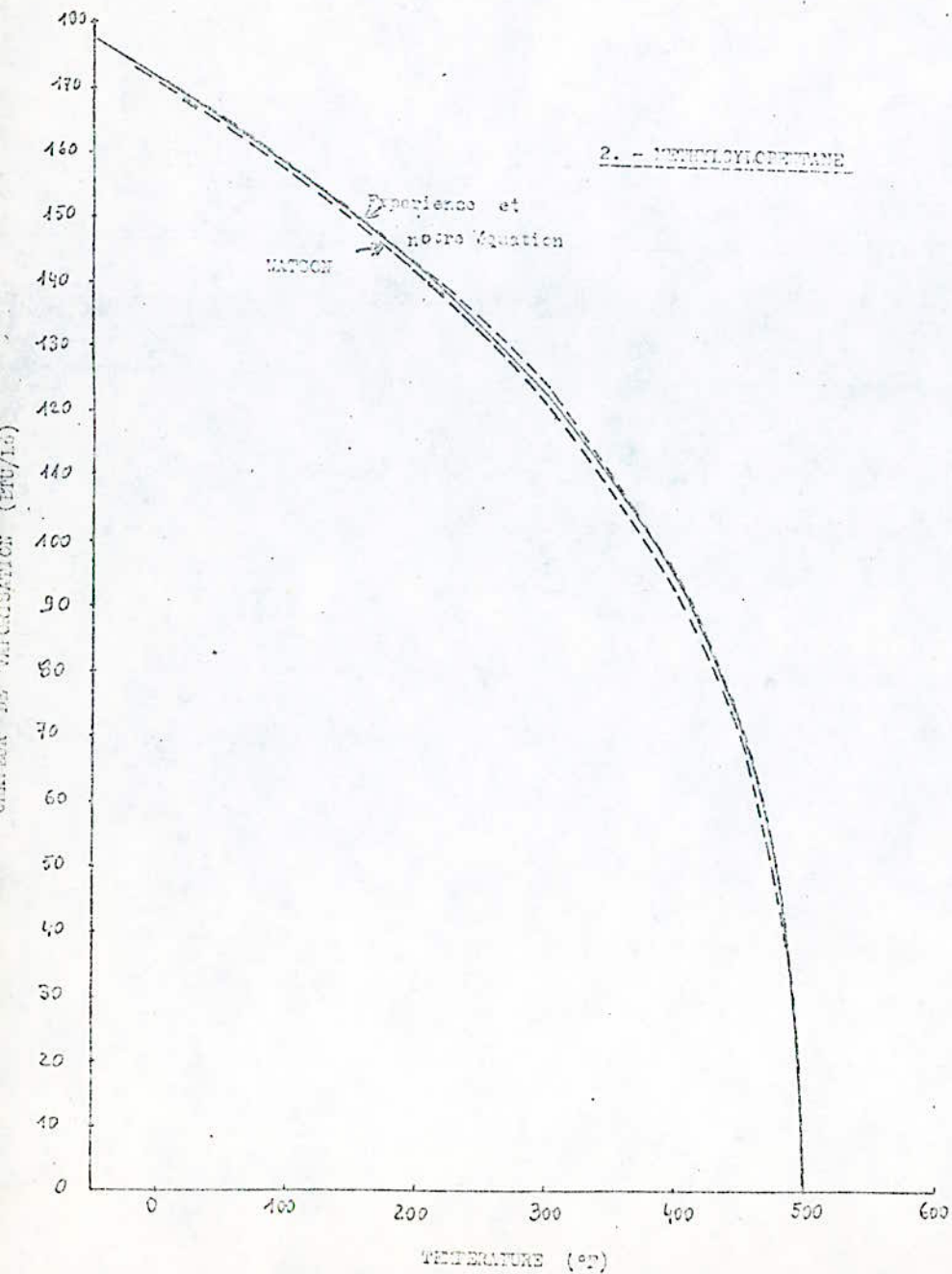




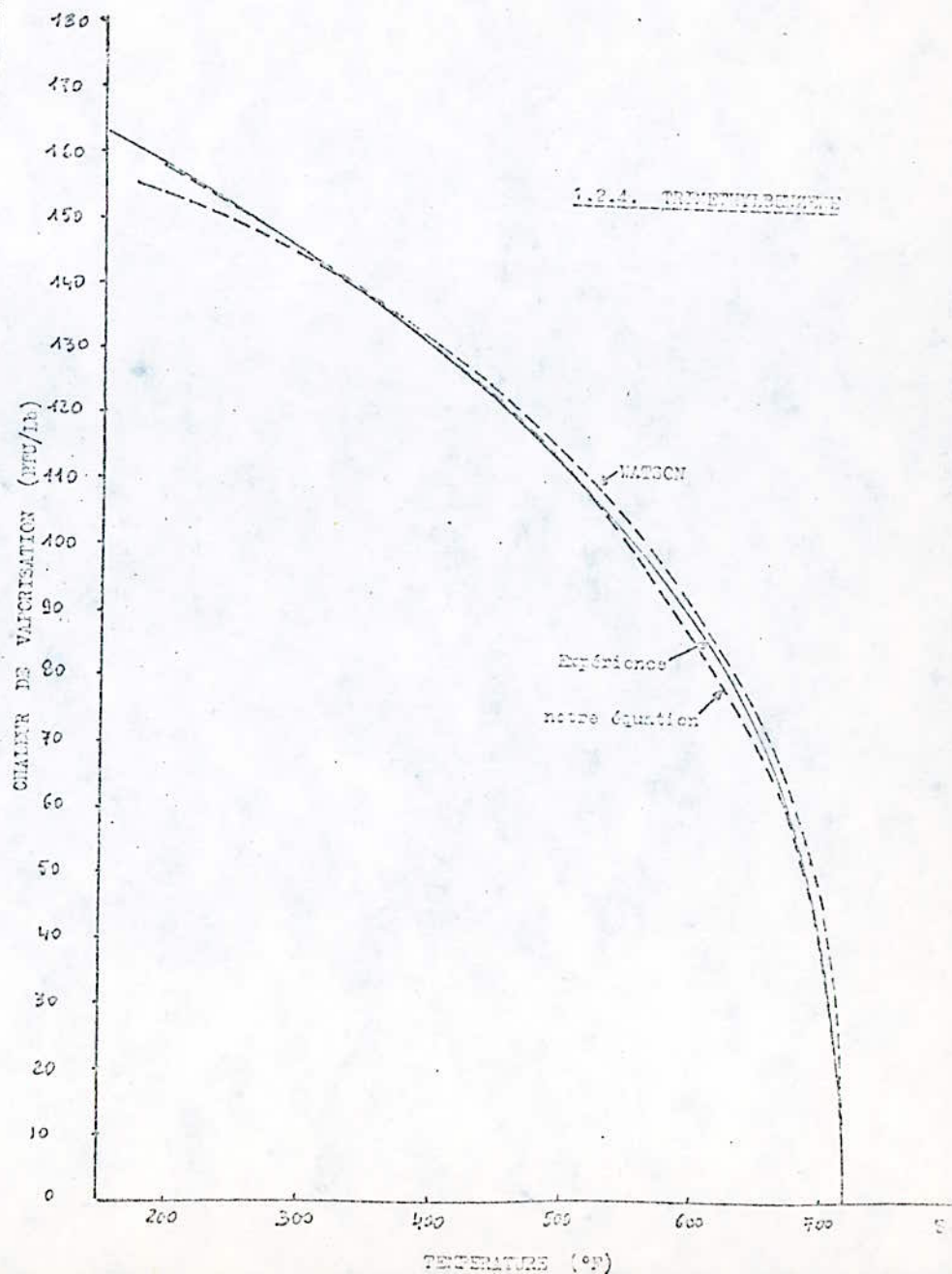
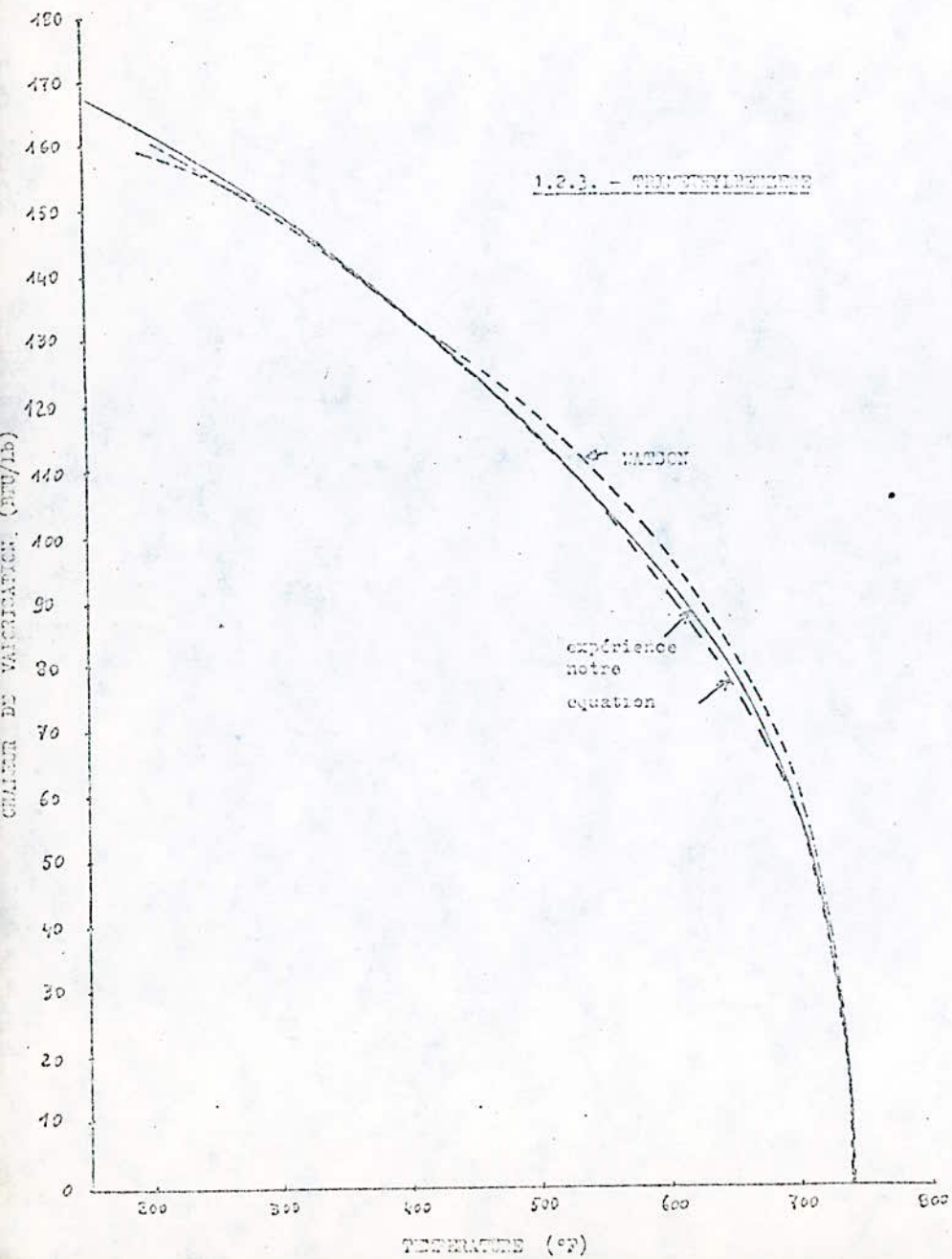




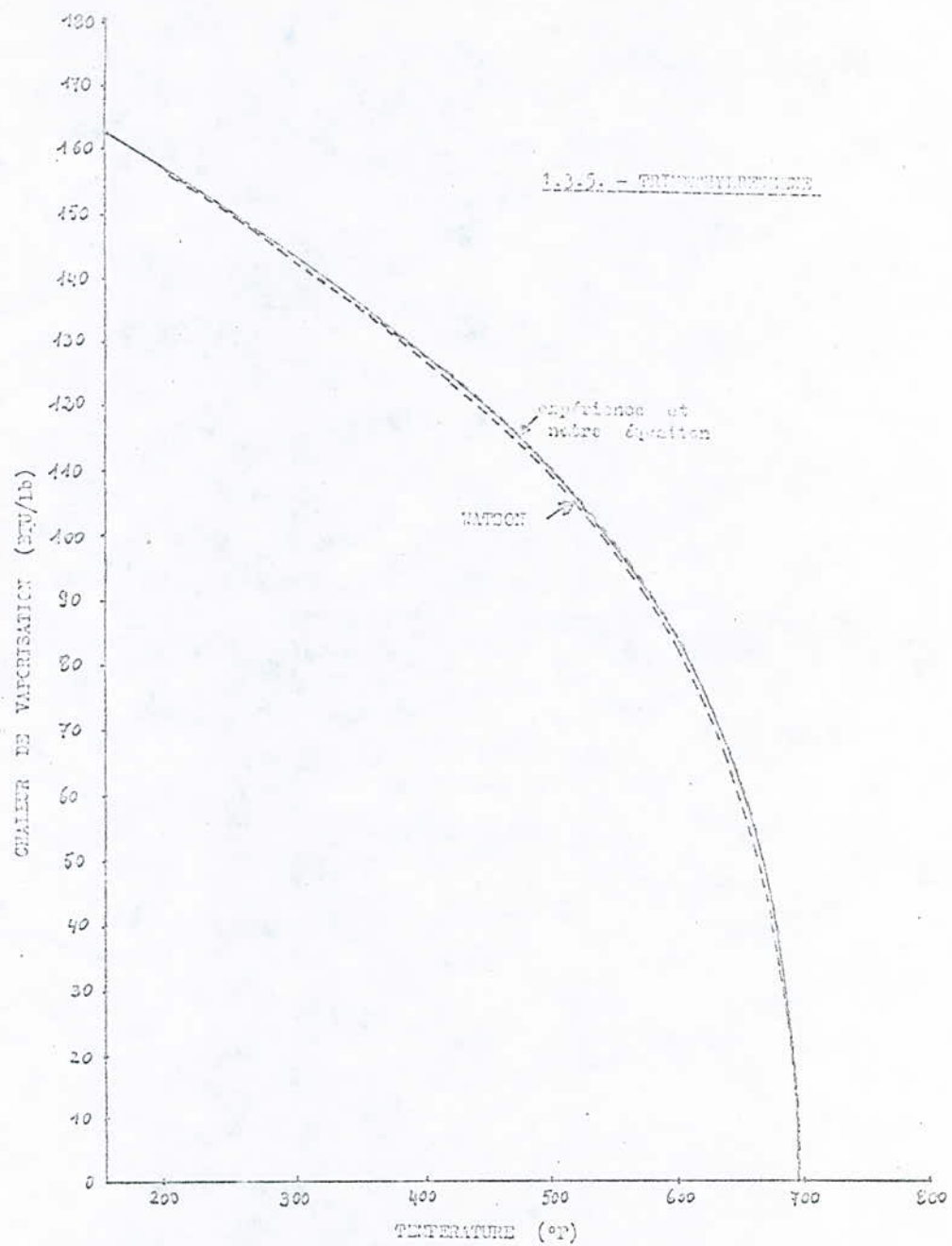
















### 3. CONTRIBUTION A L'APPROCHE DE LA CONNAISSANCE DE LA REPARTITION DES FAMILLES D'HYDROCARBURES DANS LES FRACTIONS PETROLIERES :

#### 3.1 - Position du problème :

La répartition des différentes familles est déterminée comme déjà décrit dans la partie théorique d'une façon empirique ; certes, certaines méthodes expérimentales permettent de déterminer le pourcentage d'aromatiques ou d'insaturés (Normes AFNOR, ASTM).

Dans ce chapitre nous proposons quelques corrélations qui ne fonctionnent que dans un intervalle assez limité.

L'approche est de commencer avec des corps purs, ensuite de mélanges de trois corps purs connus qualitativement et quantitativement représentant les trois familles (Paraffines, Naphtènes, Aromatiques) et enfin les fractions pétrolières.

#### 3.2 - Méthode de calcul :

Nous avons tenté de mettre au point une corrélation permettant de situer la composition d'une fraction pétrolières.

Il suffit de choisir deux paramètres qui séparent bien les familles d'hydrocarbures. Une fois ces deux paramètres choisis, nous les associons à un troisième qui est égale à 1. Autrement dit, il s'agira de la résolution d'un système de trois équations à trois inconnues.

$$a X_n + b X_n + c X_a = A$$

$$a' X_p + b' X_n + c' X_a = B$$

$$X_p + X_n + X_a = 1$$

- Comme point de départ nous avons choisis 5 hydrocarbures de chaque famille hydrocarbonées, avec leurs données à utiliser recueillies dans les tables. Ce qui veut dire que cette corrélation n'est valable que dans un intervalle allant de 40 à environ 200° c.

- Les coefficients de ces trois équations sont pris comme valeurs moyennes de A et B, pour chaque famille d'hydrocarbures (Naphtènes, Paraffine, Aromatiques).

Les valeurs de A et B et des coefficients doivent être appliqués quelque soit le corps, le mélange ou la fraction pétrolière.

**3.2-1. Corrélation 1 :**

Elle est basée sur la connaissance de la masse moléculaire, la densité et du rapport H/c et du KUOP.

$$A = \left[ \frac{M}{d} \cdot \frac{H}{c} + 2 \left( 10 \cdot \frac{H}{c} \right)^2 \right] \cdot \frac{1}{d^2}$$

$$B = KUOP$$

Application :

a) - à un mélange de 5 hydrocarbures purs de chaque famille (CP, N, A) avec même xi en % poids.

Le système d'équation

$$X_p = -0,00345 A + 1,2419 B - 12,4507$$

$$X_N = 0,00298 A + 2,9560 B + 29,0356$$

$$X_A = -0,00213 A + 1,71408 B - 15,5849$$

---	COMPOSITIONS CONNUES				COMPOSITION TROUVEES PAR LA CORRELATION 1			
X <sub>p</sub>	80	60	50	30	79,8	59	49,9	29,9
X <sub>N</sub>	10	20	30	40	9,9	20	20,9	40
X <sub>A</sub>	10	20	20	30	11,4	21	21	30,9

b) A un mélange de corps purs (avec Xi en % poids)

Nous avons appliqué cette corrélation sur la fraction pétrolière 28 (7) obtenue par chromatographie en phase gazeuse (C.P.G).

	Xi					$\Delta Xi$ /			
	CORREL	CPG	NDH	NDPA	RIAZI	CPG	NDH	NDPA	RIAZI
$X_D$ %	80	55,1	64,6	57,4	42,3	31	19	28	47
$X_N$ %	44	33,4	29,4	31,4	47,4	175	166	171	180
$X_A$ %	65	11,4	6,0	11,2	10,3	82	90	82	82,7

c - Aux fractions pétrolières (7)

N° DE LA FRACTION	A	B	$X_D$	$X_N$	$X_A$
1	2199,042	13,063	1,914	- 3,025	2,122
4	2105,168	12,902	1,793	- 2,829	2,046
6	2078,375	12,854	1,758	- 2,773	2,025
3	1847,046	12,289	1,786	- 1,786	1,545
11	1843,618	12,322	1,289	- 1,879	1,598
14	1739,533	12,028	1,016	- 1,335	1,326
13	1798,496	12,205	1,187	- 1,682	1,504
21	1757,700	12,076	1,061	- 1,423	1,370
24	1721,368	11,934	0,915	- 1,111	1,204
28	1710,88	11,932	0,921	- 1,136	1,223

3 - 2.2. Correlation 2 :

Elle est basée sur la connaissance de la masse moléculaire, de la densité, de la température et de l'indice de réfraction.

$$A = \frac{2 T}{d^2} + 100 d \left( \frac{20}{2 T} + 1 \right)$$

$$B = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}$$

Application :

a - A un mélange de 5 hydrocarbures purs de chaque famille (avec même xi en % poids)

Le système d'équation :

$$X_D = - 0,163 A + 35,565 B + 4,72$$

$$X_N = 0,3308 A - 109,429 B + 1,1901$$

$$X_A = - 0,1681 A + 73,86 B - 4,9109$$

	COMPOSITIONS CONNUES	COMPOSITIONS TROUVEES	ECARTS : Xi
X <sub>D</sub> %	55	54,9	0,1
X <sub>N</sub> %	35	32,15	8,1
X <sub>A</sub> %	10	10,2	2

b - A un mélange de corps purs (avec + xi en % Poids)

Nous considérons la fraction pétrolière 28 (7) obtenue par chromatographie en phase gazeuse (C.P.G.). Comparaison par rapport aux résultats des autres méthodes, avec le calcul d'erreur.

	Xi					Xi : (%) /			
	CORRE- LATION	CP G	N.D.MIN	D.PA	RIAZI	C.P.G	H.D.MIN	D.PA	RIAZI
X <sub>D</sub> %	51	55,1	64,6	57,4	42,3	8	26	12	17
X <sub>N</sub> %	19,6	33,4	29,4	31,4	47,4	70	50	60	121
X <sub>A</sub> %	26,6	11,4	6,0	11,2	10,3	57	77	57	61

c - Aux fractions pétrolières (7)

N° DE LA FRACTION	A	B	X <sub>D</sub>	X <sub>N</sub>	X <sub>A</sub>
1	72,370	0,2195	0,730	1,110	- 0,864
4	72,290	0,2252	0,945	0,460	- 0,429
6	72,450	0,2285	1,037	0,152	- 0,212
8	75,882	0,2375	0,797	0,302	- 0,124
11	76,108	0,2392	0,821	0,191	- 0,037
14	78,524	0,2476	0,726	0,071	0,176
18	78,333	0,2485	0,789	- 0,090	0,275
21	79,894	0,2526	0,680	- 0,022	0,315
24	81,560	0,2575	0,583	- 0,007	0,39
28	82,622	0,2606	0,520	0,004	0,448

**3.2.3 Corrélation 3**

$$A = \frac{2T}{H} + 100 d \left( \frac{10}{2T} + 1 \right)$$

$$B = KUOP$$

Application :

a - A un mélange de 5 hydrocarbures purs de chaque famille (P,N,A) avec la même composition (même  $X_i$  en % poids).

Le système d'équation :

$$X_P = - 0,25834 A - 1,48099 B + 39,2976$$

$$X_N = 0,62405 A + 4,5531 B - 105,1183$$

$$X_A = - 0,36571 A - 3,07213 B + 66,8206$$

	COMPOSITION CONNUE	COMPOSITION TROUVEE	E C A R T S $X_i$ (%)
$X_P$ %	45	45	0
$X_N$ %	35	34,9	0,28
$X_A$ %	20	20	0

b - A un mélange de deux hydrocarbures approchés ( $c_6 + c_7$ ) de chaque famille (P,N,A).

	COMPOSITION CONNUE	COMPOSITION TROUVEE	ECARTS $X_i$ (%)
$X_P$ %	50	106	135
$X_N$ %	30	- 119	240
$X_A$ %	20	126	530

c - A un mélange de deux hydrocarbures éloignés ( $c_6 + c_{10}$ ) de chaque famille (P,N,A).

	COMPOSITION CONNUE	COMPOSITION TROUVEE	ECART $X_i$ (%)
$X_P$	60	65,3	8
$X_N$	30	4,9	83
$X_A$	10	29,6	196

d - A un mélange de trois hydrocarbures purs ( $c_6 + c_8 + c_{10}$ ) de chaque famille (P,N,A).

	COMPOSITION CONNUE	COMPOSITION TROUVEE	ECART $X_i$ (%)
$X_P$	70	71,7	2,4
$X_N$	20	4,5	77,5
$X_A$	10	23,6	136,0

e - A un mélange de corps purs (avec  $\neq X_i$  % poids)

Preons la fraction pétrolière 28 (7) obtenue par chromatographie en phase gazeuse (C.P.G.)

	$X_i$					$\Delta X_i$ (%)			
	CORRE- LATION	C.P.G.	N.D.M	N.D.PA	RIAZI	C.P.G.	N.D.M	N.D.PA	RIAZI
$X_P$ %	24,8	55,1	64,6	<b>57,4</b>	42,3	122	160	131	70
$X_N$ %	103,3	33,4	29,4	31,4	47,4	67	71	69	54
$X_A$ %	28	11,4	6,0	10,2	10,3	59	78	60	63

F - Aux fractions pétrolières (7)

N° DE FRAC- TION	X <sub>P</sub>					X <sub>N</sub>					X <sub>A</sub>				
	C P G%	ND P A %	N D M%	RI A ZI %	COR- RELA- TION	C P G%	F D P %	N D M%	RIA- ZI %	COR- RELA- TION	C P G%	N D P A %	N D M%	RI- A ZI %	COR- RELA- TION
1	99,5	-	20,0	-	1,25	0,5	-	11,3	-	0,47	0	-	1,3	-	0,922
4	87	-	92,5	-	1,51	13,0	-	7,7	-	1,26	0	-	0,2	-	0,74
6	81,5	-	96,5	77,5	1,54	18,5	-	1,9	27,1	1,38	0	-	1,6	4,6	0,83
8	65,6	57,8	72,6	62,0	1,49	32,8	33,9	23,5	138,6	1,84	1,5	8,4	3,9	0,6	1,31
11	68,3	60,9	75,1	54,6	1,38	31,1	32,2	24,9	47,9	1,51	0,6	4,9	0,1	0,8	1,13
14	55,1	57,8	68,1	53,6	1,19	39,9	32,5	25,3	40,8	1,35	5	12,6	6,6	3,1	1,15
18	58,1	61,1	78,1	51,7	0,98	25,8	29,5	18,0	44,5	0,66	15,9	9,4	3,9	7,7	0,67
21	67,8	60,1	72,3	46,2	0,77	24,1	30,2	23,0	45,1	0,27	7,9	9,7	4,7	8,7	0,50
24	67,7	54,4	65,5	43,8	0,55	22,8	33,1	27,5	46,5	0,11	9,3	12,5	6,6	9,7	0,33
28	55,1	57,4	64,6	42,3	0,28	33,4	31,4	29,4	47,4	0,76	11,4	11,2	6,0	10,3	-0,05

3.24 Corrélation : A

Elle est basée sur la connaissance de la densité et de l'indice de réfraction.

$$A = (3,5 - d)^{40} / n^5$$

$$B = 200 I^{16}$$



Application :

- A un mélange de 5 hydrocarbures purs de chaque famille (P,N,A).

Le système d'équation.

$$X_p = 1,318 - 7,272 \cdot A + 194265,01 \cdot B.$$

$$X_N = 0,323 + 9,828 \cdot A - 292748 \cdot B$$

$$X_A = 0,0049 - 2,556 \cdot A - 98483,041 \cdot B.$$

Ces équations sont appliquées aux fractions pétrolières (6) (toutes les valeurs se trouvent sur le listing ci joint).

Corrélation : 5

$$A = n^6 / (3 \pm 2 d)^7$$

$$B = 200 I^{12}$$

De la même manière on obtient le système suivant :

$$X_p = 1,318 - 7,272 + 194265,01 \cdot B$$

$$X_N = 0,323 + 9,828 \cdot A - 292748 \cdot B$$

$$X_A = 0,0049 - 2,556 \cdot A + 98483,041 \cdot B$$

Toutes les valeurs des compositions des fractions pétrolières (6) figurent sur le même listing.



Corrélation : (4)

5.07388404491	-5.03088935493	.957005310022 -
3.79038429117	-3.44951380557	.659129514395
3.05792055671	-2.55047421573	.492553659021
2.23622214368	-1.58742748527.	.351205341594
1.70496812521	-.899803117776	.194834992565
1.20479835276	-.312371700056	.107573347294
.931553073317	.0030313006739	.0654156260089
.744353499944	.216878535217	.0387679648388
.685250590431	.274965245202	.0397841643672
.543816588537	.402175332893	.0540080785697
.438474860149	.532681307916	.0288438319348
.444808354639	.45208262857	.10310901679
.318897288305	.610749659478	.070353052217
.277446634901	.64094625293	.0816071122695
.239956918234	.655455351054	.104587730712
.217316622689	.661963496149	.120719881162
.163603762013	.664973066645	.171423171342

Corrélation : (5)

.997162272743	.027775389679	- .0247376624218
.971338610633	.0405816835877	- .0119202942208
.954539403336	.0434166798741	.00204391678982
1.38179926074	-.646181498317	.264382237577
.818724264308	.172028746909	.00924698878286
.828400515185	.096632372368	.0749671124472
.765324633315	.140353365251	.0943220014333
.648835255584	.266698848959	.084465895457
.675787466661	.205004284065	.119208249274
.758952007525	.0161904942244	.22485749825
.409882814236	.487958798885	.102158386879
1.02858503644	-.455922355315	.427337318879
.411628549264	.38172339035	.206648060387
.308799281559	.490714573708	.200486144733
.25666365623	.516913623755	.226422720015
.20800420441	.553436372098	.238559423492
.0334190816802	.705643665239	.260937253081



LIMITE DES CORRELATIONS :

Corrélation : 1

Cette corrélation a un domaine d'application qui est limité aux Mélanges de corps purs. Puisque pour les fractions pétrolières, elle donne des valeurs négatives.

Corrélation : 2

L'application de cette corrélation est limitée aux mélanges de corps purs. Mais nous pouvons dire que pour les fractions pétrolières, les résultats sont plus améliorés par rapport à la corrélation 1 puisque deux fractions pétrolières ont pu être séparées. De toutes les façons mis à part la méthode par CPG, toutes les corrélations empiriques donnent de grands écarts.

Corrélation : 3

L'application de cette corrélation est aussi limitée aux mélanges de corps purs. Néanmoins nous remarquons que plus le nombre de constituant augmente plus le % d'erreur diminue. Par contre pour les fractions pétrolières les résultats ne se sont pas améliorés puisque une seule fraction seulement est séparée.

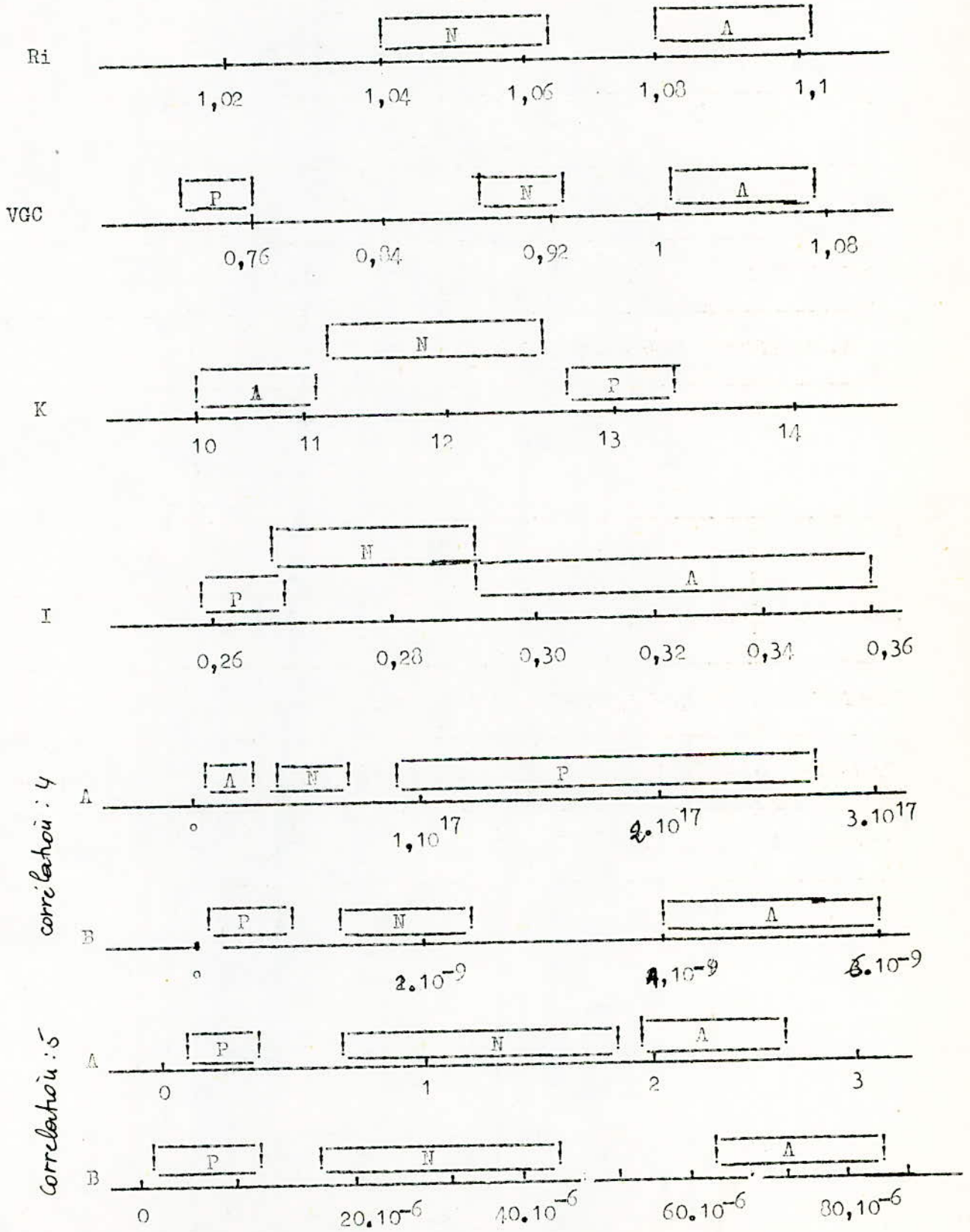
Corrélation : 4 et 5

Nous avons pu appliquer ces 2 corrélations aux fractions pétrolières. Puisqu'un grand nombre de fractions pu être séparé, il semble cependant que ces équations ne sont pas d'un maniement facile (calcul de puissance 40) ; le souci qui nous a guidé étant de creuser les écarts pour chaque famille entre les différentes valeurs de A ou B proposés, il était donc important de connaître les sens d'évolution de chaque paramètre pour séparer les familles, tel que le montre le tableau suivant :

Valeurs des facteurs de caractérisation :

	R I	V G C	K	I
PARAFFINES	1,040-1,05	0,74-0,75	13,10-13,50	0,267-0,273
NAPHTENES	1,030-1,046	0,89-0,94	10,50-13,20	0,270-0,308
AROMATIQUES	1,070-1,105	0,95-1,13	9,50-12,53	0,298-0,362

	CORRELATION 4		CORRELATION 5	
	A	B	A	B
PARAFFINES	$(278,8-39,0) \cdot 10^{15}$	$(9,94-39,50) \cdot 10^{-9}$	10,17-9,38	$(4,1-11,2) \cdot 10^6$
NAPHTENES	$(41,8-11,0) \cdot 10^{15}$	$(63,50-257,00) \cdot 10^{-9}$	10,64-1,75	$(16,1-46,1) \cdot 10^6$
AROMATIQUES	$(7,2-9,9) \cdot 10^{15}$	$(590,00-409,80) \cdot 10^{-9}$	12,50-1,94	$(85,7-67,9) \cdot 10^6$



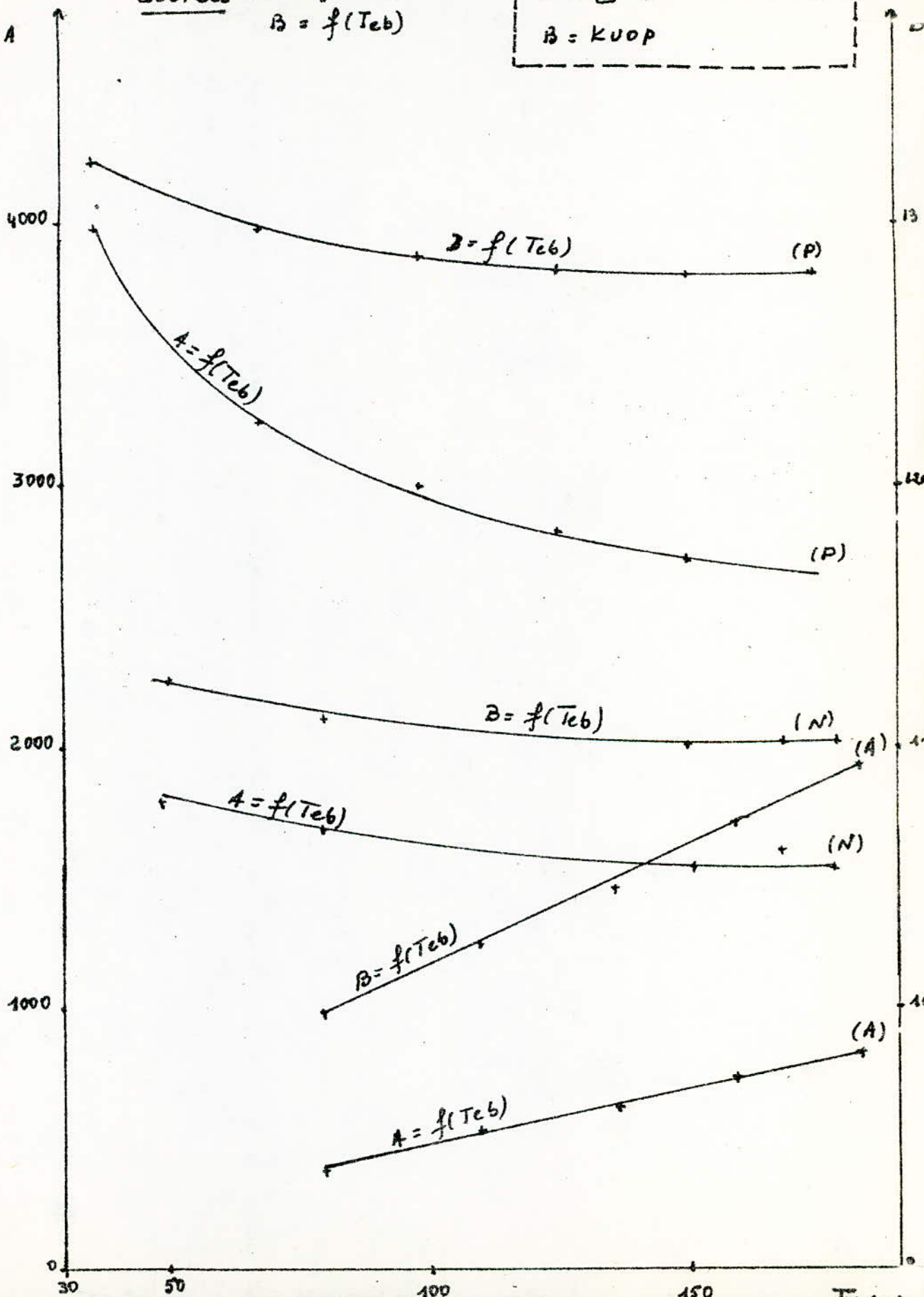




Courbes :  $A = f(T_{eb})$   
 $B = f(T_{eb})$

$$A = \frac{M}{2} \cdot \frac{H}{c} + 2(10 \cdot \frac{H}{c})^2 \left] \frac{1}{d^2} \right.$$

$$B = K U O P$$





(A)

curves:

$$A = f(d)$$

$$B = f(d)$$

$$A = \left[ \frac{M}{d} \cdot \frac{H}{C} + 2 \left( 10 \cdot \frac{H}{C} \right)^2 \right] \cdot \frac{1}{d^2}$$

$$B = K u o p$$

4000

3000

2000

1000

0

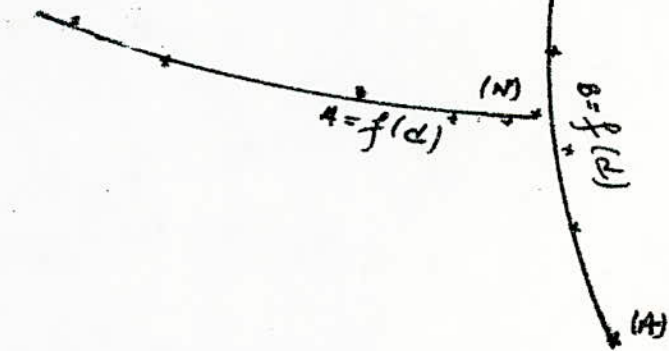
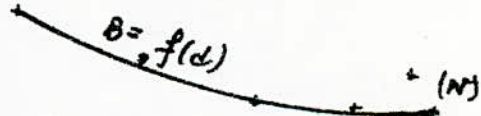
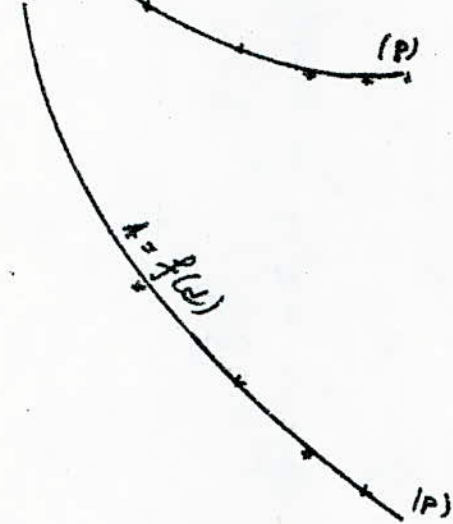
13

12

11

10

9

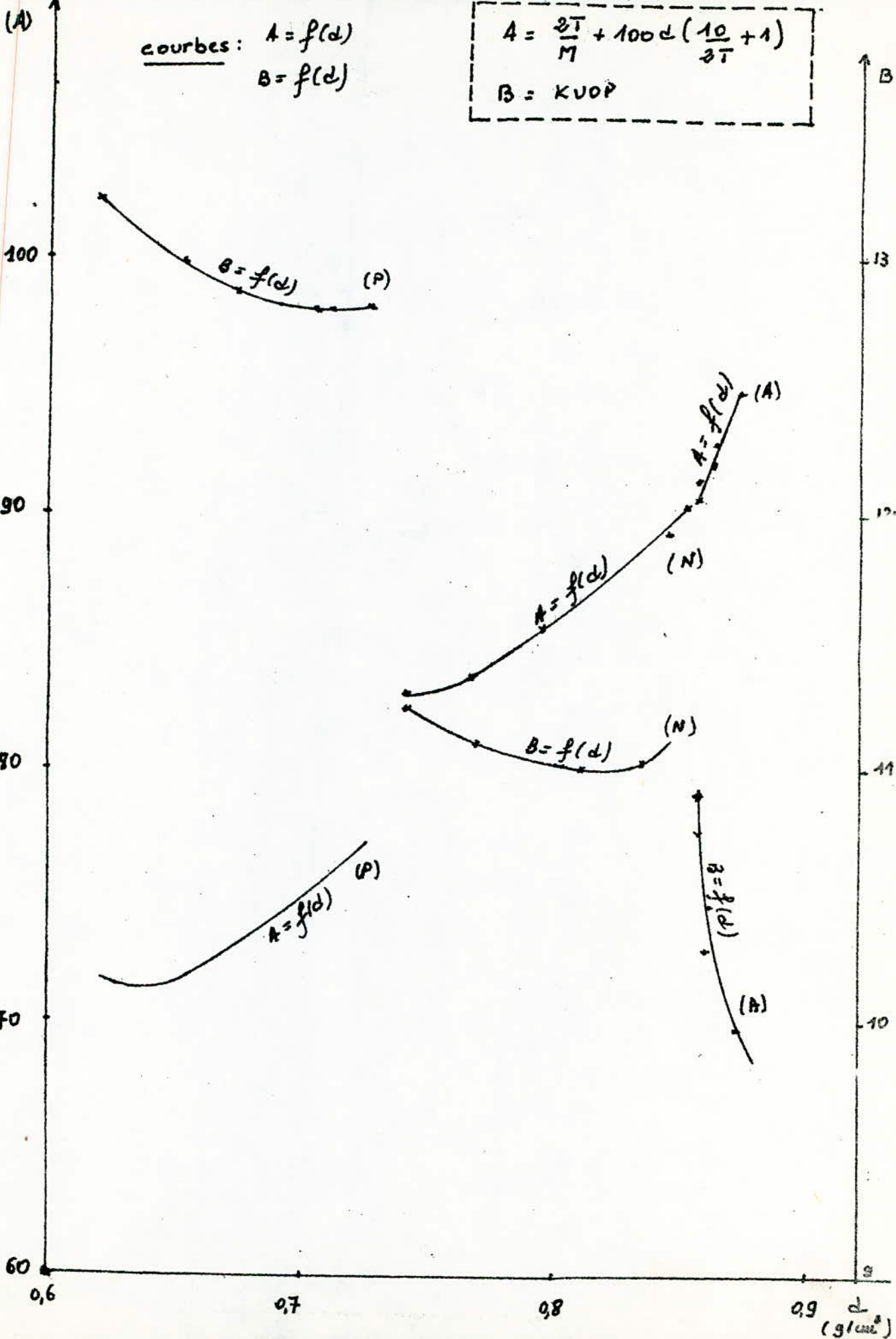


0.7

0.8

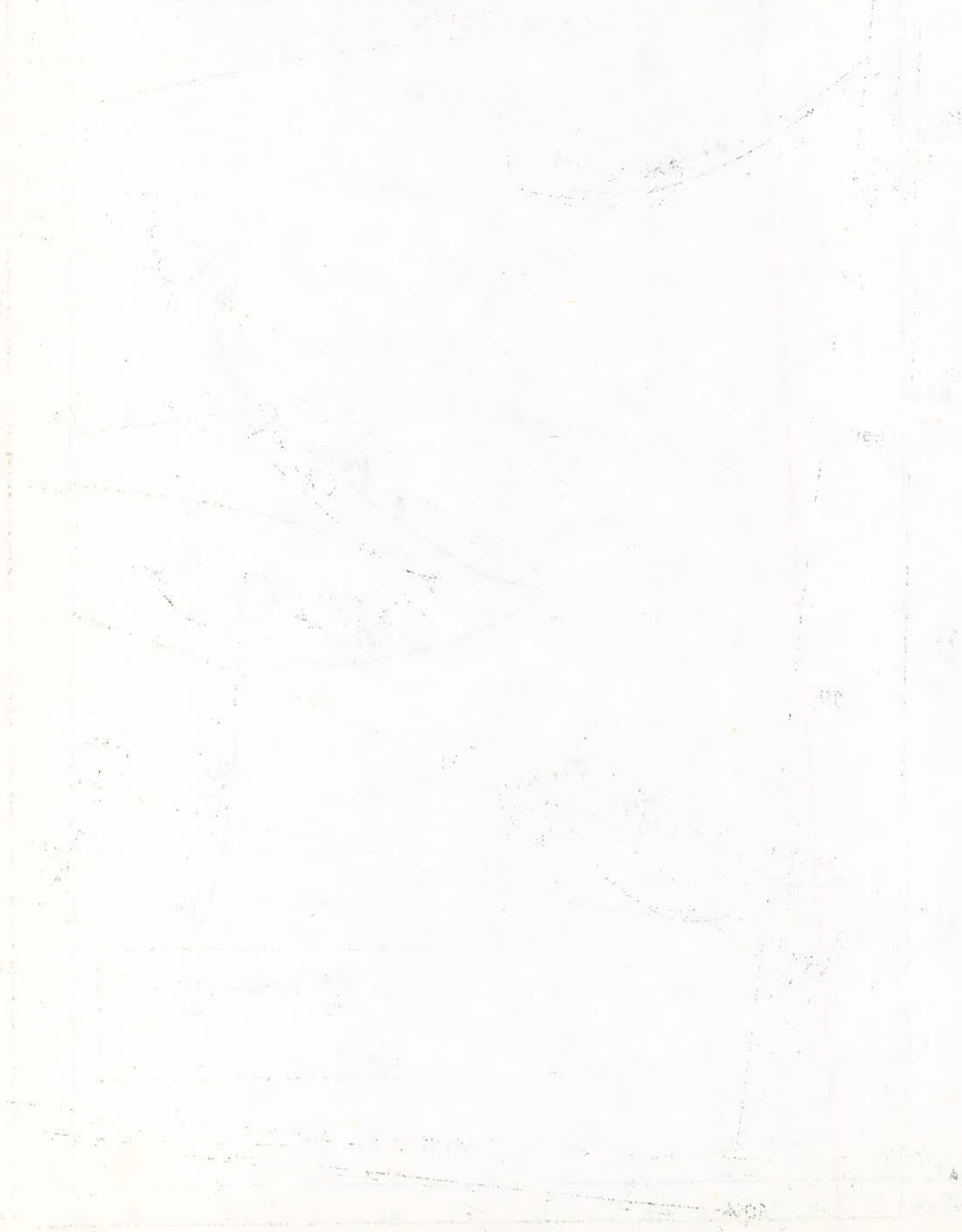
d(10)



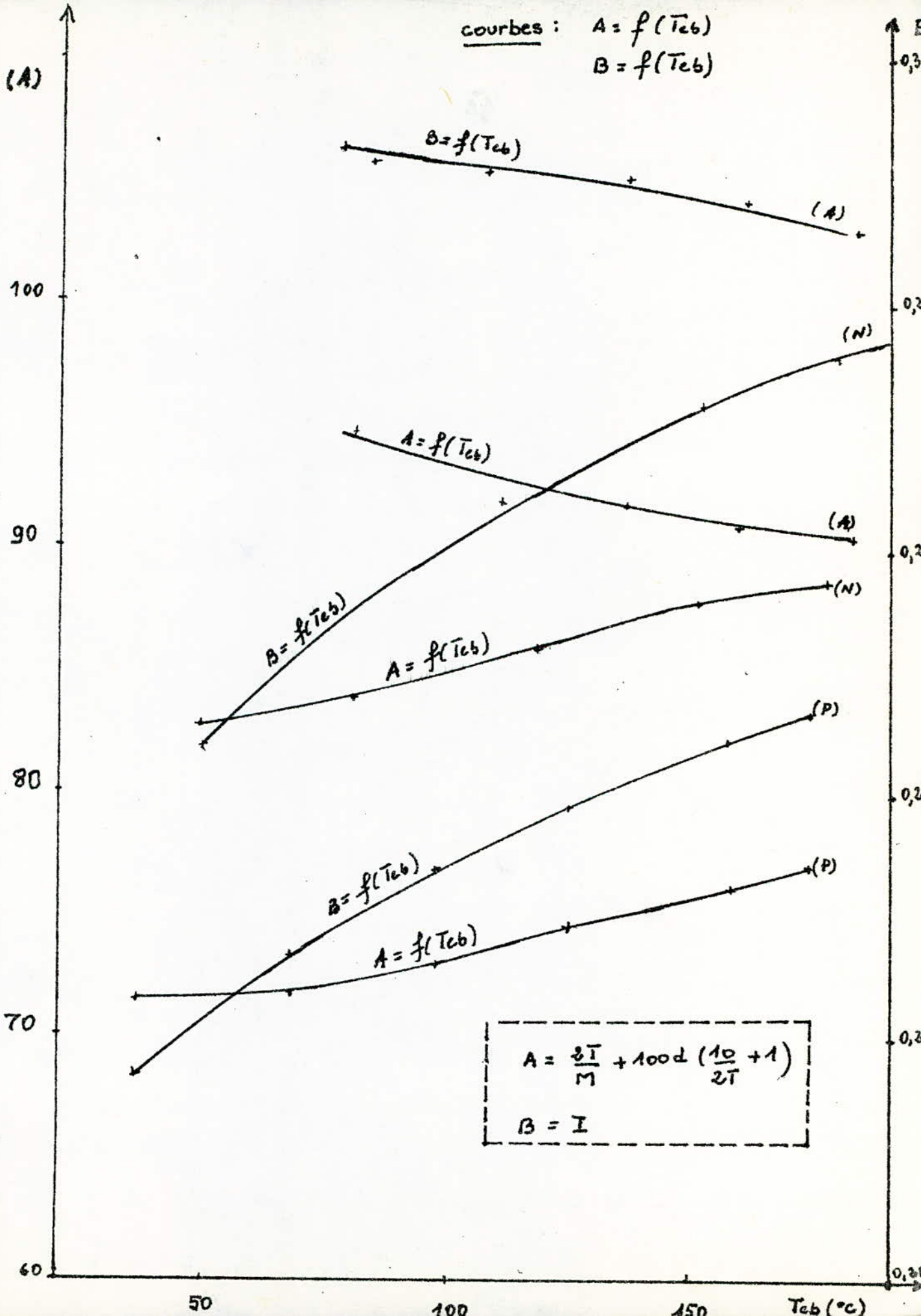


THE UNIVERSITY OF TORONTO  
TO  
4007 X 5 8

2000-1900  
7



courbes :  $A = f(T_{cb})$   
 $B = f(T_{cb})$



$$A = \frac{2I}{M} + 100d \left( \frac{10}{2I} + 1 \right)$$

$$B = I$$





(A)

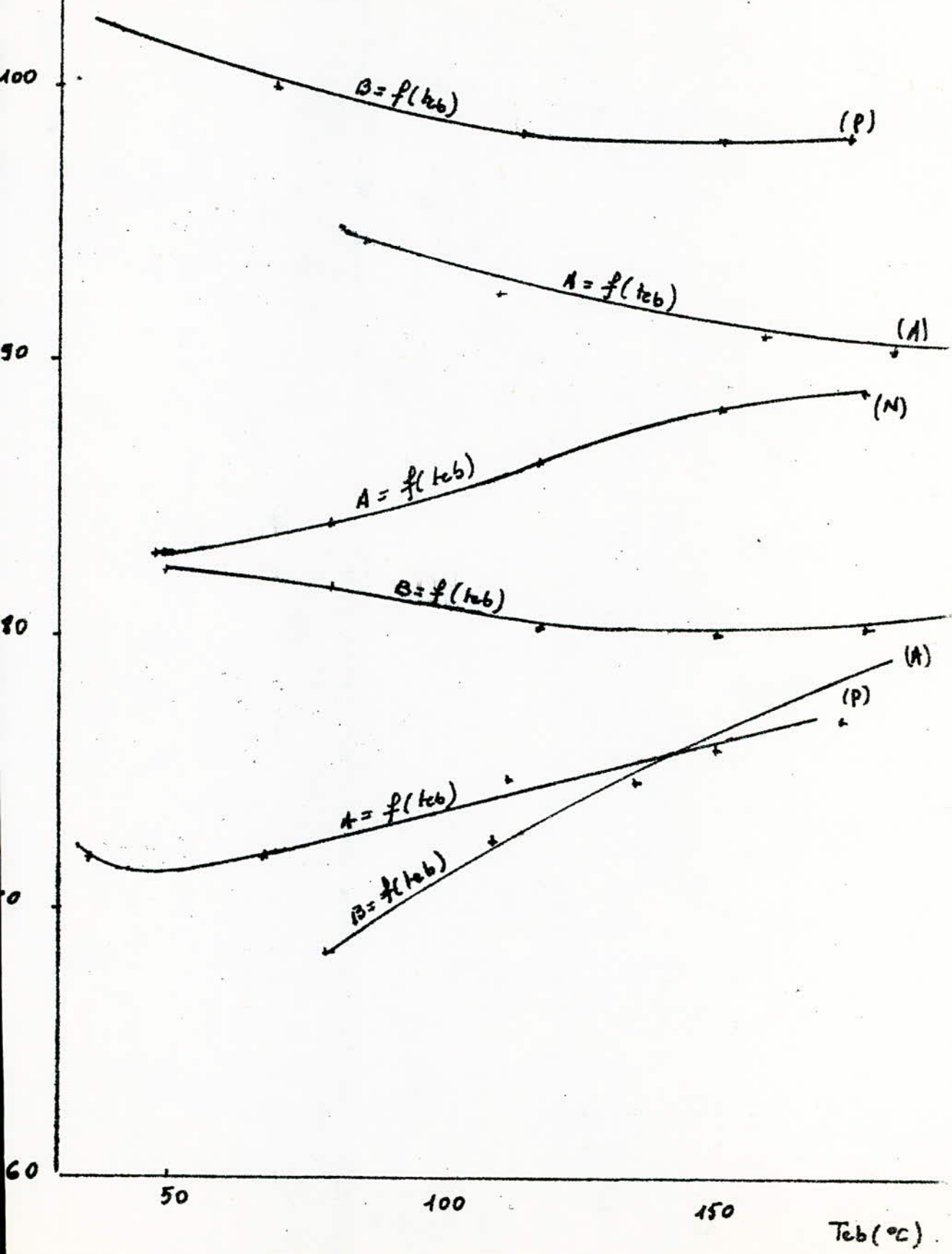
curves:

$$A = f(T_{eb})$$

$$B = f(T_{eb})$$

$$= \frac{2T}{M} + 100d \left( \frac{10}{2T} + 1 \right)$$

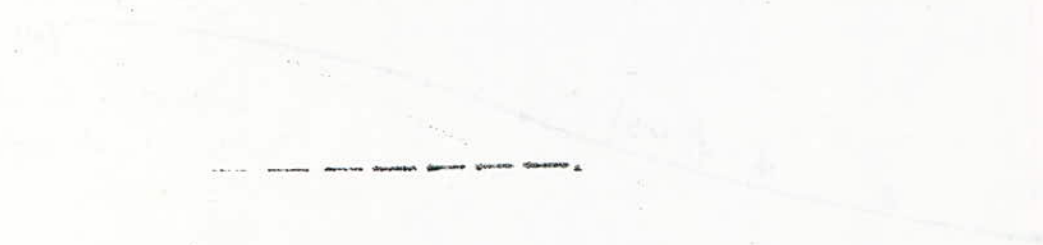
$$B = k \cdot v \cdot \rho$$



1.00

1.00

1.00



0.01

Conclusion :

Au terme de cette étude théorique réalisée grâce à l'appui d'un ordinateur ; les équations proposées pour les grandeurs physiques permettent à notre sens de retrouver, connaissant l'une des propriétés, en principe les autres grandeurs.

Ceci se vérifie sans grandes erreurs pour les corps purs.

Pour les fractions pétrolières nous retrouvons avec une erreur plus importante ces propriétés ; ceci ne doit pas constituer un handicap important, si nous n'avons pas de possibilité de mesures ces propriétés physiquement ; ces ordres de grandeurs à 5 ou 1% près peuvent être d'une certaine utilité.

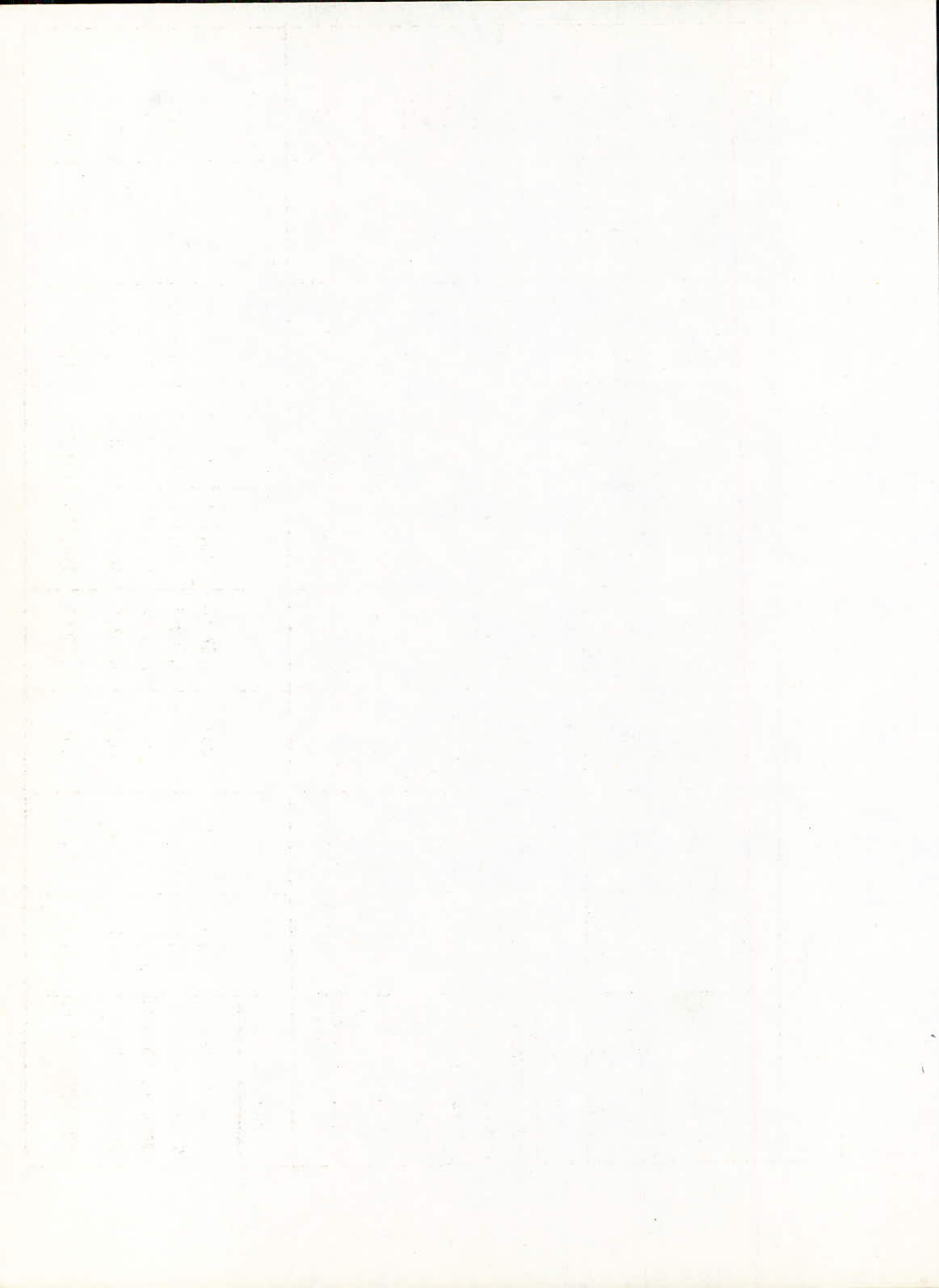
Nous avons essayé de proposer une équation de la chaleur de vaporisation plus conforme à la variation expérimentale, il reste à l'étendre à tous les hydrocarbures et aux fractions pétrolières.

Nous avons enfin proposé 5 corrélations pour permettre de connaître les proportions de chaque famille, il semble que les deux dernières corrélations sont intéressantes (pas de valeurs négatives), il reste à les parfaire, car si toutes les corrélations proposées fonctionnent relativement correctement pour des corps purs ou des mélanges simples, pour la fraction l'accord est moins bon.

Enfin une construction d'un nomogramme regroupant plusieurs propriétés est proposée, l'approfondissement de cette construction permettant graphiquement de retrouver les autres propriétés.



-ANNEXE



PARAFFINES	Pc(atm)	Tc (°C)	V C (cm <sup>3</sup> /Mole)	d (g/cm <sup>3</sup> )	MM (g)	Teb(°C)	n	(à 20°C) PV(m. h <sub>2</sub> O)	HV (cal/g)
PENTANE (C5)	33,25	196,50	304	0,62137	72,150	36,000	1,35472	512,48	85,38
HEXANE (C6)	29,73	234,30	370	0,65479	86,178	68,730	1,37226	151,26	80,03
HEPTANE (C7)	27,00	267,10	432	0,67949	100,205	98,500	1,38511	45,71	75,61
OCTANE (C8)	24,54	295,68	492	0,69847	114,232	125,675	1,39505	14,02	72,01
NONANE (C9)	22,60	321,49	548	0,71379	128,259	150,818	1,40311	4,34	68,80
DECANE (C10)	20,70	344,5	603	0,72623	142,286	174,158	1,40967	1,36	65,98
NAPHTENES									
CYCLO PENTANE (C5)	44,60	238,60	260	0,74043	70,135	49,252	1,40363	317,470	93,03
CYCLO-HEXANE (C6)	40,00	280,40	308	0,77387	84,162	80,719	1,42354	97,580	85,08
METHY-CYCLOHEXANE (C7)	34,30	299,04	268	0,76504	98,129	100,934	1,42058	46,330	75,78
ETHYL-CYCLOHEXANE (C8)	24,50	336,00	450	0,83000	112,216	151,160	1,45630	12,780	73,08
PROPYL-CYCLOHEXANE (C9)	22,50	366,00	477	0,84630	126,243	178,400	1,46440	4,123	68,30
BUTYL-CYCLOHEXANE (C10)	20,80	394,70	534	0,85380	140,270	202,000	1,46850	1,520	65,60
AROMATIQUES									
BENZENE (C6)	48,34	289,01	259	0,87368	78,114	80,094	1,49792	95,170	94,13
TOLUENE (C7)	40,55	318,64	316	0,86231	92,113	110,629	1,49413	28,440	86,08
ETHYL BENZENE (C8)	35,62	344,02	374	0,86262	106,168	136,200	1,49320	9,580	80,07
PROPYL BENZENE (C9)	31,58	365,83	440	0,85778	120,195	159,241	1,48951	3,360	76,00
BUTYL BENZENE (C10)	28,49	387,40	497	0,85605	134,225	183,305	1,48479	1,026	69,89





```

0 DIM X(6),Y(6),U(6),P(6),T(6,6),V(4,6)
0 PRINT "RECUEIL DES POINTS"
0 PRINT "-----"
0 FOR N=1 TO 3
0 READ M(N)
0 FOR I=1 TO M(N)
0 FOR J=1 TO 9
0 READ A(N,I,J)
0 NEXT J
00 NEXT I
10 FOR I=1 TO M(N)..
20 X(I)=A(N,I,9)
30 Y(I)=A(N,I,8)
40 PRINT "X(";I;")=";X(I),"Y(";I;")=";Y(I)
50 NEXT I
51 GOSUB 220
60 FOR I=1 TO M(N)
70 PRINT "P(";I;")=";P(I)
80 NEXT I
90 IF N=3 THEN
91 PRINT "PV =" ;P(5);"* Hv^4+";P(4);"* Hv^3+";P(3);"* Hv^2+";P(2);"* Hv+";P
);
92 PRINT
94 PAUSE
95 END IF
96 PRINT " PV =" ;P(6);"* Hv^5+";P(5);"* Hv^4+";P(4);"* Hv^3+";P(3);"* Hv^2+
(2);"* Hv+";P(1);
06 PRINT
07 PRINT
11 GOTO 870
20 REM CALCUL DES DIFFERENCES DIVISEES
30 FOR I=1 TO M(N)
40 T(I,1)=Y(I)
50 NEXT I
60 FOR I=2 TO M(N)
70 T(I,2)=(Y(I)-Y(I-1))/(X(I)-X(I-1))
80 NEXT I
90 FOR J=3 TO M(N)
00 FOR I=J TO M(N)
10 T(I,J)=(T(I,J-1)-T(I-1,J-1))/(X(I)-X(I-J+1))
20 NEXT I
30 NEXT J
40 REM CLASSEMENT DES DIFFERENCES DIVISEES DANS LE VECTEUR U(M(N))
50 FOR I=1 TO M(N)
60 U(I)=T(I,1)
70 NEXT I
80 REM IL EST POSSIBLE DE RETIRER LA MATRICE T(M(N),M(N))
90 REM INITIALISATION DE LA MATRICE DE CALCUL DES COEFFICIENTS
00 V(1,1)=-X(1)
10 V(1,2)=1

```

```

420 REM INITIALISATION DU PORTEUR DES COEFFICIENTS P(M(N))
430 FOR I=1 TO M(N)
440 P(I)=0
450 NEXT I
460 P(1)=U(2)*(-X(1))+Y(1)
470 P(2)=U(2)
480 REM CALCUL DES COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON
490 PRINT "COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON"
500 PRINT "-----"
510 FOR J=3 TO M(N)
511 V(2,1)=0
512 FOR I=2 TO M(N)
520 V(2,I)=V(1,I-1)
530 NEXT I
540 FOR I=1 TO M(N)
550 V(3,I)=V(1,I)*(-X(J-1))
560 V(4,I)=V(2,I)+V(3,I)
570 P(I)=P(I)+U(J)*V(4,I)
580 V(1,I)=V(4,I)
590 V(2,I)=0
600 V(3,I)=0
610 V(4,I)=0
620 NEXT I
630 NEXT J
631 RETURN
640 !PARAFFINES
650 DATA 6
660 DATA 33.25,196.5,304,.62137,72.15,36,1.35472,512.48,85.38
670 DATA 29.73,234.3,370,.6579,86.178,68.73,1.37226,151.26,80.03
680 DATA 27,267.1,432,.67949,100.205,98.5,1.38511,54.71,75.61
690 DATA 24.54,295.68,492,.69847,114.232,125.675,1.39505,14.02,72.01
700 DATA 22.6,321.49,548,.71379,128.259,150.818,1.40311,4.34,68.80
710 DATA 20.6,344.5,603,.72623,142.286,174.158,1.40967,1.36,65.98
720 !NAPHTENES
730 DATA 6
740 DATA 44.6,238.6,260,.74043,70.135,49.252,1.40363,317.47,93.03
750 DATA 40.0,280.4,308,.77387,84.162,80.719,1.42354,97.58,85.08
760 DATA 34.3,299.04,368,.76504,98.129,100.934,1.42058,46.33,75.78
770 DATA 24.5,336,450,.8300,112.216,151.16,1.4563,12.78,73.08
780 DATA 22.5,366,477,.8463,126.243,178.4,1.4644,4.123,68.3
790 DATA 20.8,394.7,534,.8538,140.270,202,1.4685,1.52,65.6
800 !AROMATIQUES
810 DATA 5
820 DATA 48.34,289.01,259,.87368,78.114,80.094,1.49792,95.17,94.13
830 DATA 40.55,318.64,316,.86231,92.113,110.629,1.494113,28.441,86.08
840 DATA 35.62,344.02,374,.86262,106.168,136.200,1.49320,9.5081,80.07
850 DATA 31.58,365.23,440,.85778,120.195,159.241,1.48951,3.361,76.0
860 DATA 28.49,387.4,497,.85605,134.222,183.305,1.48479,1.026,69.89
870 NEXT N
880 END

```

```

10      GINIT
20      GRAPHICS ON
30      PLOTTER IS 805,"HPGL"
31      PEN 2
40      DIM Etiquette$(40)
50      FOR Ii=1 TO 3
60      READ N(Ii)
70      FOR I=1 TO N(Ii)
80      FOR J=1 TO 8
90      READ A(Ii,I,J)
100     NEXT J
110     NEXT I
120     FOR I=1 TO N(Ii)
130     FOR J=1 TO 8
140     PRINT USING "IX,DDD.DD";A(Ii,I,J)
150     NEXT J
160     NEXT I
170     ! Paraffines
180     DATA 6
190     DATA 33.25,196.5,304,.62137,72.15,36,1.35472,512.48
200     DATA 29.73,234.3,370,.6579,86.178,68.73,1.37226,151.26
210     DATA 27,267.1,432,.67949,100.205,98.5,1.38511,45.71
220     DATA 24.54,295.68,492,.69847,114.232,125.675,1.39505,14.02
230     DATA 22.6,321.49,548,.71379,128.259,150.818,1.40311,4.34
240     DATA 20.6,344.5,603,.72623,142.286,174.158,1.40967,1.36
250     ! Naphtenes
260     DATA 6
270     DATA 44.6,238.6,260,.74043,70.135,49.252,1.40363,317.47
280     DATA 40.0,280.4,308,.77387,84.162,80.719,1.42354,97.58
290     DATA 34.3,299.04,368,.76504,98.129,100.934,1.42058,46.33
300     DATA 24.5,336,450,.8300,112.216,151.16,1.4563,12.78
310     DATA 22.5,366,477,.8463,126.243,178.4,1.4644,4.123
320     DATA 20.8,394.7,534,.8538,140.270,202,1.4685,1.52
330     ! Aromatiques
340     DATA 5
350     DATA 48.34,289.01,259,.87368,78.114,80.094,1.49792,95.17
360     DATA 40.55,318.64,316,.86231,92.113,110.629,1.49413,28.441
370     DATA 35.62,344.02,374,.86262,106.168,136.200,1.49320,9.5081
380     DATA 31.58,365.23,440,.85778,120.195,159.241,1.48951,3.361
390     DATA 28.49,387.4,497,.85605,134.222,183.305,1.48479,1.026

```

```

400 GOTO 410
410 Xmin=20
420 Xmax=50
430 Ymin=0
440 Ymax=520
450 Etiquette$="variation de PV en fonction de Pc "
451 IF Ii>1 THEN 470
460 GOSUB 510
470 FOR I=1 TO N(Ii)
480 PLOT A(Ii,I,1),A(Ii,I,8)
490 NEXT I
500 MOVE 0,0
501 GOTO 920
510 Dx=Xmax/10
520 Dy=Ymax/10
530 Xg=Xmin-2*Dx
540 Xd=Xmax+Dx
550 Yg=Ymin-2*Dy
560 Yd=Ymax+Dy
570 VIEWPORT 0,65,0,100
580 WINDOW Xg,Xd,Yg,Yd
590 Sdx=Xmax/20
600 Sdy=Ymax/20
610 AXES Sdx,Sdy,Xg+Dx,Yg+Dy,4,4,1
620 CSIZE 1.25
630 LORG 6
640 Xini=4*Sdx+Xg+Dx
650 FOR J=Xini TO Xmax STEP 4*Sdx
660 MOVE J,Yg+Dy-(Dy/10)
670 LABEL J
680 NEXT J
690 LORG 8
700 Yini=4*Sdy+Yg+Dy
710 FOR J=Yini TO Ymax STEP 4*Sdy
720 MOVE Xg+Dx-Dx/10,J
730 LABEL J
740 NEXT J
750 LORG 5
760 CSIZE 1.5
770 MOVE Xg+Sdx+((Xd-(Xg+Sdx))/2),Yd-2*Sdy
780 LABEL Etiquette$
790 MOVE 0,0
800 RETURN
920 NEXT Ii
930 END

```

```
10 DIM Mmol(4,2),Tebul(4,2),Dens(4,2),Inrf(4,2),Tpf(4,2),Vsc(4,2),Kop(4,2)
20 DIM H(4,2)
30 DIM Ract(16,7)
40 DIM A(4,2),B(4,2)
50 DIM C(2,2)
60 FOR I=0 TO 4
70 FOR J=0 TO 2
80 READ Mmol(I,J)
90 NEXT J
100 NEXT I
110 FOR I=0 TO 4
120 FOR J=0 TO 2
130 READ Tebul(I,J)
140 NEXT J
150 NEXT I
160 FOR I=0 TO 4
170 FOR J=0 TO 2
180 READ Dens(I,J)
190 NEXT J
200 NEXT I
210 FOR I=0 TO 4
220 FOR J=0 TO 2
230 READ Inrf(I,J)
240 NEXT J
250 NEXT I
260 FOR I=0 TO 4
270 FOR J=0 TO 2
280 READ Tpf(I,J)
290 NEXT J
300 NEXT I
310 FOR I=0 TO 4
320 FOR J=0 TO 2
330 READ Vsc(I,J)
340 NEXT J
350 NEXT I
360 FOR I=0 TO 4
370 FOR J=0 TO 2
380 READ Kop(I,J)
390 NEXT J
400 NEXT I
410 FOR I=0 TO 4
420 FOR J=0 TO 2
430 READ H(I,J)
440 NEXT J
450 NEXT I
460 FOR I=0 TO 16
470 FOR J=0 TO 7
480 READ Ract(I,J)
490 NEXT J
500 NEXT I
```

```


510 FOR I=0 TO 2
520 FOR J=0 TO 2
530 B(I,J)=200*((Inrf(I,J)^2-1)/(Inrf(I,J)^2+2))^16
560 A(I,J)=Inrf(I,J)^(-5)*(3.5-Dens(I,J))^40
580 GOTO 600
600 NEXT J
610 NEXT I
620 FOR J=0 TO 2
630 C(0,J)=1
640 C(1,J)=0
650 C(2,J)=0
660 FOR I=0 TO 4
670 C(1,J)=C(1,J)+A(I,J)
680 C(2,J)=C(2,J)+B(I,J)
690 NEXT I
710 C(1,J)=C(1,J)/5
720 C(2,J)=C(2,J)/5
730 GOTO 760
760 NEXT J
770 FOR I=0 TO 2
780 FOR J=0 TO 2
790 NEXT J
800 NEXT I
810 MAT C= INV(C)
830 FOR K=0 TO 16
840 X1=Ract(K,3)^(-5)*(3.5-Ract(K,2))^40
850 X2=200*((Ract(K,3)^2-1)/(Ract(K,3)^2+2))^16
860 Xp=C(0,0)+X1*C(0,1)+X2*C(0,2)
870 Xn=C(1,0)+X1*C(1,1)+X2*C(1,2)
880 Xa=C(2,0)+X1*C(2,1)+X2*C(2,2)
890 PRINT Xp,Xn,Xa
900 NEXT K
901 PRINT
910 PRINT "C(0,0)=";C(0,0)
911 PRINT "C(0,1)=";C(0,1)
912 PRINT "C(0,2)=";C(0,2)
913 PRINT
915 PRINT "C(1,0)=";C(1,0)
916 PRINT "C(1,1)=";C(1,1)
917 PRINT "C(1,2)=";C(1,2)
918 PRINT
919 PRINT "C(2,0)=";C(2,0)
920 PRINT "C(2,1)=";C(2,1)
921 PRINT "C(2,2)=";C(2,2)
922 DATA 86.18,84.16,78.11
930 DATA 100.21,98.18,92.14
940 DATA 114.23,112.21,106.18
950 DATA 128.26,126.24,120.19
960 DATA 142.28,140.27,134.22

```

980 DATA 69,80.72,80.1  
990 DATA 90.04,118.8,110.6  
1000 DATA 125.6,151.16,136.2  
1010 DATA 150.82,178.4,159.24  
1020 DATA 174.15,202,183.3  
1040 DATA .65935, .77853, .87889  
1050 DATA .68374, .811, .88696  
1060 DATA .7025, .8361, .867  
1070 DATA .71761, .8502, .86202  
1080 DATA .73003, .8575, .86011  
1100 DATA 1.37486,1.42623,1.50112  
1110 DATA 1.38764,1.4449,1.49693  
1120 DATA 1.39743,1.4587,1.49588  
1130 DATA 1.40542,1.4666,1.49202  
1140 DATA 1.41189,1.4716,1.48979  
1160 DATA 17.9,24.38,28.18  
1170 DATA 19.8,0,27.92  
1180 DATA 21.26,0,28.48  
1190 DATA 22.44,0,28.45  
1200 DATA 23.37,0,0  
1220 DATA .4137, .953, .587  
1230 DATA .5214,0, .5584  
1240 DATA .6476,0, .6428  
1250 DATA .8087,0, .7944  
1260 DATA 1.004,0, .947  
1280 DATA 12.82,11.01,9.72  
1290 DATA 12.61,10.92,10.14  
1300 DATA 12.67,10.88,10.36  
1310 DATA 12.66,10.92,10.62  
1311 DATA 12.67,11.02,10.84  
1330 DATA 2.33,2,1  
1340 DATA 2.28,2,1.143  
1350 DATA 2.25,2,1.25  
1360 DATA 2.22,2,1.33  
1370 DATA 2.2,2,1.4  
1380 DATA 75.82,35, .616,1.361,0,13.9,13.07,2.395  
1390 DATA 79.62,45, .634,1.369,0,14.7,12.84,2.274  
1400 DATA 82.86,55, .647,1.375, .375,15,12.72,2.29  
1410 DATA 86.93,65, .662,1.3982, .404,15.9,12.58,2.118  
1420 DATA 91.92,75, .682,1.388, .451,17,12.34,2.217  
1430 DATA 95.73,85, .701,1.399, .491,17.8,12.16,2.211  
1440 DATA 100.79,95, .715,1.405, .553,18.6,12.02,2.096  
1450 DATA 104.82,105, .727,1.409, .584,18.9,12.03,2.161  
1460 DATA 109.62,115, .731,1.412, .625,19.1,12.04,2.12  
1470 DATA 113.56,125, .742,1.42, .697,19.6,11.95,2.016  
1471 DATA 0,135, .753,1.4200,0,0,0,0  
1472 DATA 0,145, .751,1.4293,0,0,0,0  
1473 DATA 0,155, .767,1.429,0,0,0,0  
1474 DATA 0,165, .773,1.4313,0,0,0,0  
1475 DATA 0,175, .779,1.4345,0,0,0,0  
1476 DATA 0,185, .783,1.4365,0,0,0,0  
1477 DATA 0,195, .794,1.4418,0,0,0,0  
1480 END





-o-  I B L I O G R A P H I E -o-  
-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-

- (1) - WUTTHIER : Technologie du Pétrole. Genie chimique. Tome I.
- (2) - S.E. CHITOUR : Corrélations sur les Pétroles bruts et fractions pétrolières Tome 2 Année 83.
- (3) - MAXWELL : Data Book on Hydrocarbon.
- (4) - MOULAY-HASSANE GUERHOUCHE & JEAN-MARIE VERGNAUX.  
Extrait du journal de Chimie Physique, 1974 n°7-8. P. 1049
- (5) - S.E. CHITOUR & JEAN MAURICE VERGNAND.  
Extrait du journal de Chimie Physique, 1975 n°9, P. 1001.
- (6) - Projet de Fin d'Etude de Y BOUGHAR. Proposé par S.E. CHITOUR.  
Promotion : Juin 83. "Contribution à la détermination des propriétés Physiques des fractions légères pétrolières".
- (7) - Projet de Fin d'Etude de B. ZOUGALI. Proposé par S.E. CHITOUR  
"Analyse d'un pétrole brut de GUELLALA. Année universitaire : 80-81.
- (8) - Projet de Fin d'Etude de H. KADI. Proposé par S.E. CHITOUR.  
"Contribution à l'étude de fractions pétrolière par chromatographie en phase liquide et Infrarouge".
- (9) - CHARLES BATHET : Aide Mémoire d'Informatique.  
Fichiers, bases de données, Fortran, Cobol, PL/1, Basic, Téléinformatique.

